



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

BIENESTAR EN POLLO DE ENGORDA: FACTORES ANTEMORTEM

T E S I S

Que para optar por el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

MARTÍN MEDINA VARA

TUTOR:

DRA. MA. DEL PILAR CASTAÑEDA SERRANO

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

COMITÉ TUTOR:

DR. DANIEL MOTA ROJAS

Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud
Animal, UNAM

DRA. ISABEL GUERRERO LEGARRETA

Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud
Animal, UNAM

MÉXICO, D. F. JUNIO, 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“La Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de la Universidad Nacional Autónoma de México, pertenece al Padrón de Posgrados con Nivel de Excelencia del CONACYT”.

DIRECTORES DE TESIS

Dr. Daniel Mota Rojas

Profesor investigador.

Línea de investigación: Fisiología del Estrés y Bienestar en Animales Domésticos.

Comisionado del Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud.

Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco

Dra. Ma. del Pilar Castañeda Serrano

Profesora investigadora.

Línea de investigación: Procesamiento primario e inocuidad Avícola.

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola.

Universidad Nacional Autónoma de México, FMVZ

Dra. Isabel Guerrero Legarreta

Profesora investigadora.

Departamento de Biotecnología.

Área: Bioquímica de Moléculas.

Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa

JURADO DE EXAMEN

MCV. Patricia Mora Medina (Presidente) _____

Departamento de Ciencias Pecuarias.

Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán (FES-C).

Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM).

Dra. Ma. del Pilar Castañeda Serrano (Secretario) _____

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ).

Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM).

Dra. Sara del Carmen Caballero Chacón (Vocal) _____

Departamento de Fisiología y Farmacología.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ).

Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM).

Dr. Héctor Oscar Orozco Gregorio (Suplente 1) _____

Fisiología del Estrés y Bienestar en Animales Domésticos.

Departamento de Producción Agrícola y Animal.

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X).

M en C. Salvador Flores Peinado (Suplente 2) _____

Departamento de Ciencias Pecuarias.

Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán (FES-C).

Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM).

DEDICATORIA

Con inmenso amor y cariño a

Dios

Y a toda mi familia: mi Papá, mi Mamá, hermanos, particularmente a Ana y a Paolita, Juanito y Abrilita.

Que amo con toda mi alma.

A quienes debo y dedico todos mis triunfos.

Martín Medina Vara

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis:

A Dios, el mejor maestro, quien me dio la vida, quien me dotó de todas mis cualidades y aptitudes que han permitido llegar a este momento tan maravilloso.

A mis padres, quienes me dieron educación, apoyo, amor, consejos, comprensión y su invaluable ayuda en los momentos más difíciles y que me convirtieron en quien ahora soy.

A mis hermanos, quienes estuvieron siempre presentes acompañándome y cuidándome en mi crecimiento personal.

A mi familia, quienes motivan e impulsan día a día mis esperanzas de iniciar y culminar todos mis propósitos.

A mis amigos, quienes siempre creyeron en mí y que sin su ayuda, nunca hubiera podido hacer esto posible.

A mi mejor amiga, Paty, quien ha participado en diferentes momentos importantes de mi vida. Te agradezco tu amistad, entusiasmo, consejos, apoyo y sin duda, tu valiosa y honrosa participación en mi crecimiento profesional en esta fase tan importante en mi vida.

A mí estimado compañero, colega y amigo, el Dr. Marcelino Becerril Herrera, por su tiempo compartido y su gran disposición en apoyo al análisis de la información, y que lamentablemente ya no nos acompaña (Descanse en paz ††).

A todos y cada uno de ellos les dedico esta tesis de maestría añorada desde el fondo de mi alma...

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis representa un gran esfuerzo no sólo de mi parte, sino de quienes participaron directa o indirectamente, y que sin duda la enriquecieron. Agradezco a los que leyeron, opinaron, corrigieron y me tuvieron paciencia, me dieron ánimo, me acompañaron en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Quiero extender mi agradecimiento a la **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ)** de la **Universidad Nacional Autónoma De México** por haberme permitido llevar a cabo mis estudios en el nivel de Posgrado.

Agradezco al Doctor **Daniel Mota Rojas** quien gestó la idea de mi proyecto de tesis y financió el equipo y consumibles; mi reconocimiento por su confianza paciencia y por llevar a buen destino el desempeño de mis experimentos.

A la Doctora **Isabel Guerrero Legarreta** por sus valiosos consejos y comentarios que enriquecieron mis experimentos, gracias por el gran apoyo para realizar la valoración de la calidad de la carne en su Laboratorio y por el ánimo que me brindó siempre incondicionalmente.

A la **Doctora Ma. Del Pilar Castañeda Serrano** por ser parte fundamental en mi ingreso y permanencia en la Maestría.

A la **Doctora Rosy Cruz M.** por su apoyo incondicional en el procesamiento y análisis de las muestras en el laboratorio y por su valiosa amistad.

Al equipo de **Fisiología del Estrés y Bienestar en Animales Domésticos** de la **Universidad Autónoma Metropolitana-Campus Xochimilco**: al **Dr. Héctor Orozco Gregorio**: (muchas gracias Doctor), a la **M. en C. Patricia Roldan Santiago**: (sinceramente, gracias Doctorcita) y al **Dr. Daniel Mota Rojas** (gracias por su enorme apoyo y enseñanza), por darme la oportunidad de construir nuevos cimientos de aprendizaje y convivencia con los integrantes de éste valioso y crítico grupo de trabajo.

Además, quiero agradecer especialmente a las instituciones que me otorgaron la beca para realizar y concluir mis estudios de Maestría:

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca (423806)

A la **Dirección General de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México**

Gracias también a mis queridos compañeros, colegas y maestros que me apoyaron sinceramente a cumplir mis metas.

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| ÍNDICE DE CUADROS | x |
| ÍNDICE DE ESQUEMAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xi |
| Resumen | xii |
| Abstract | xv |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. JUSTIFICACIÓN | 4 |
| V. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 5 |
| IV. HIPÓTESIS | 6 |
| V. OBJETIVOS | 7 |
| Objetivo general _____ | 7 |
| Objetivos particulares _____ | 7 |
| VI. ANTECEDENTES | 8 |
| 6.1. Bienestar del pollo de engorda _____ | 8 |
| 6.2. El método de captura y embarque _____ | 9 |
| 6.3. El transporte _____ | 11 |
| 6.3.1. Monitoreo ambiental | 13 |
| 6.3.2. Vibraciones..... | 15 |
| 6.3.3. Estibamiento y densidad de carga | 17 |
| 6.4. Periodo de reposo _____ | 17 |
| 6.5. Método de aturdimiento _____ | 19 |
| 6.5.1. Método aturdimiento manual | 20 |
| 6.5.2. Método de aturdimiento eléctrico..... | 20 |
| 6.5.3. Método por Electronarcosis (Sistema de baño de agua) | 21 |
| 6.5.4. Uso de gases | 23 |
| 6.6. Importancia del desangrado _____ | 23 |
| 6.7. Bienestar del pollo y calidad de la carne _____ | 24 |
| VII. MATERIAL Y MÉTODOS | 27 |
| 7.1. EXPERIMENTO 1. Bienestar del pollo de engorda: Factores antemortem. __ | 27 |
| 7.1.1. Desarrollo del experimento | 27 |
| 7.1.2. Etapas de muestreo: Monitoreo sanguíneo perfiles fisiometabólicos. | 28 |
| 7.1.3. Análisis estadístico..... | 29 |
| 7.2. EXPERIMENTO 2. Duración del transporte _____ | 32 |
| 7.2.1. Desarrollo del experimento | 32 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 7.2.2. | Monitoreo del perfil fisiometabólico..... | 33 |
| 7.2.3. | Análisis estadístico..... | 35 |
| 7.3. | EXPERIMENTO 3. Evaluación de vibraciones y la calidad de la carne. ____ | 37 |
| 7.3.1. | Desarrollo del experimento..... | 37 |
| 7.3.2. | Muestreo sanguíneo..... | 39 |
| 7.3.3. | Evaluación de las propiedades físico-químicas de la carne..... | 41 |
| 7.3.4. | Distribución de los grupos..... | 42 |
| 7.3.5. | Análisis estadístico..... | 44 |
| VIII. | RESULTADOS..... | 45 |
| 8.1. | EXPERIMENTO 1. Bienestar del pollo de engorda: Factores <i>antemortem</i> _ | 45 |
| 8.1.1. | Intercambio gaseoso..... | 45 |
| 8.1.2. | Metabolismo energético y equilibrio ácido-base..... | 45 |
| 8.1.3. | Equilibrio hídrico y mineral..... | 46 |
| 8.2. | EXPERIMENTO 2. Duración del transporte_____ | 51 |
| 8.2.1. | Temperatura, metabolismo energético y equilibrio ácido-base..... | 51 |
| 8.2.2. | Equilibrio hídrico y mineral..... | 53 |
| 8.3. | EXPERIMENTO 3. Valoración del efecto vibratorio en la calidad de la carne | 56 |
| 8.3.1. | Valoración de del perfil fisiometabólico..... | 56 |
| 8.3.2. | Valoración de la calidad de la carne. Pollos vibrados de día..... | 61 |
| 8.3.3. | Valoración de la calidad de la carne. Pollos vibrados de noche..... | 69 |
| IX. | DISCUSIÓN..... | 77 |
| 9.1. | EXPERIMENTO 1. Bienestar animal del pollo de engorda: Factores <i>antemortem</i> 77 | |
| 9.1.1. | Intercambio de gaseoso..... | 77 |
| 9.1.2. | Metabolismo energético..... | 78 |
| 9.1.3. | Equilibrio ácido-base..... | 79 |
| 9.1.4. | Equilibrio hídrico y mineral..... | 80 |
| 9.2. | EXPERIMENTO 2. Efecto de la duración del transporte_____ | 83 |
| 9.2.1. | Intercambio gaseoso y pH..... | 83 |
| 9.2.2. | Equilibrio ácido-base y metabolismo energético..... | 83 |
| 9.2.3. | Equilibrio hídrico y mineral..... | 85 |
| 9.3. | EXPERIMENTO 3. Valoración del efecto vibratorio en la calidad de la carne | 87 |
| 9.3.1. | Valoración del perfil fisiometabólico..... | 87 |
| 9.3.2. | Valoración de la calidad de la carne..... | 90 |
| X. | CONCLUSIONES..... | 93 |
| 10.1. | Bienestar animal del pollo de engorda: Factores <i>antemortem</i> _____ | 93 |
| 10.2. | Duración del transporte_____ | 93 |
| 10.3. | Valoración del efecto vibratorio en la calidad de la carne_____ | 93 |
| XI. | REFERENCIAS..... | 94 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|--|------|
| Cuadro 1. Tratamientos y tiempos de transporte aplicados a pollos de engorda previos a su matanza..... | 34 |
| Cuadro 2. Media \pm error estándar (EE) de las variables críticas sanguíneas en pollo de engorda para las concentraciones de oxígeno y equilibrio ácido-base en diferentes etapas <i>antemortem</i> | 47 |
| Cuadro 3. Media \pm error estándar (EE) de las variables críticas sanguíneas en pollo de engorda del metabolismo energético, desequilibrio ácido-base y mineral sobre dos diferentes periodos de transporte (2 y 4 h) y etapas <i>antemorte</i> | 54 |
| Cuadro 4. Media \pm error estándar (EE) de las variables críticas sanguíneas en pollo de engorda de las concentraciones de oxígeno y niveles de base en dos diferentes periodos de transporte (2 y 4 h) y etapas <i>antemortem</i> | 55 |
| Cuadro 5. Alteraciones hemodinámicas en el intercambio gaseoso, perfil energético, equilibrio electrolítico y ácido-base relacionado a las vibraciones controladas en pollos de engorda durante el día..... | 59 |
| Cuadro 6. Alteraciones hemodinámicas en el intercambio gaseoso, perfil energético, equilibrio electrolítico y ácido-base relacionado a las vibraciones en pollos de engorda durante la noche..... | 60 |
| Cuadro 7. Color en carne y piel de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día..... | 62 |
| Cuadro 8. Capacidad de retención de agua en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día..... | 63 |
| Cuadro 9. pH en carne de pollo por relacionado de las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día..... | 64 |
| Cuadro 10. Temperatura de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día..... | 65 |
| Cuadro 11. Textura en carne de pollo relacionada las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día..... | 66 |
| Cuadro 12. Color en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante la noche..... | 70 |
| Cuadro 13. Capacidad de retención de agua en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante la noche..... | 71 |
| Cuadro 14. pH en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante la noche..... | 72 |
| Cuadro 15. Temperatura en carne de pollo por relacionada a vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante noche..... | 73 |

| | |
|---|-----------|
| Cuadro 16. Textura en carne de pollo relacionada a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante noche..... | 74 |
|---|-----------|

ÍNDICE DE ESQUEMAS

| | Pag. |
|---|-------------|
| Esquema 1. Manejo ante-mortem del pollo (transporte, muestreo sanguíneo, reposo y captura)..... | 31 |
| Esquema 2. Monitoreo climático en instalaciones del rastro y proceso de faenado..... | 36 |
| Esquema 3. Fase experimental; efecto de las vibraciones y la calidad de la carne..... | 40 |
| Esquema 4. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la carne de pollo por efecto de la intensidad de las vibraciones controladas..... | 43 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pag. |
|---|-------------|
| Figura 1. Distribución de dos condiciones ambientales (día y noche, dos tiempo de transporte simulado (T1 y T2) y dos intensidades de vibración, alta y baja (VA y VB)..... | 37 |
| Figura 2. Plataforma vibratoria con jaula de plástico convencional para polo de engorda..... | 38 |
| Figura 3. Evaluación del intercambio gaseoso en pollo de engorda en respuesta (valores de referencia), al arribo al rastro (post-transporte), post-reposo y durante el periodo de exsanguinado... | 47 |
| Figura 4. Valoración de los niveles de K^+ y Ca^{++} en pollo de engorda previo al transporte (valores de referencia), a la llegada al rastro, post-reposo y a la exsanguinación..... | 48 |
| Figura 5. Niveles de Na^+ y hematocrito en pollo de engorda previo al transporte (valores de referencia), a la llegada al rastro, post-reposo y a la exsanguinación..... | 49 |
| Figura 6. Comportamiento del metabolismo energético y equilibrio ácido-base en pollo de engorda <i>antemortem</i> (valores de referencia), post-transporte, post-reposo y a la exsanguinación..... | 50 |

Resumen

El objetivo general de la presente tesis fue evaluar el bienestar a través de los desajustes en el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base y mineral sanguíneos en pollos de engorda, que fueron sometidos a dos diferentes condiciones de transporte y reposo, así como el efecto de la intensidad de las vibraciones controladas a través de una plataforma vibratoria en las propiedades fisicoquímicas de la carne. La tesis consideró tres fases experimentales. **En la primera fase** el objetivo fue evaluar el comportamiento de las variables sanguíneas en pollos de engorda durante el transporte, reposo y desangrado. Se utilizaron un total de 105 pollos de engorda finalizados de la estirpe Ross, de 47 ± 2 días de edad y un peso promedio de 3.2 kg, todos procedentes de la misma granja. Se realizaron tres repeticiones por cada condición experimental con 35 aves en cada repetición haciendo un total de 105 aves muestreadas. Posteriormente se transportaron durante la noche y se monitorearon durante el arribo, después del reposo y al desangrado. Cuando los pollos arribaron al rastro, fueron alojados y reposados en un corral de espera con disponibilidad de espacio de 7 a 10 aves/m² durante un periodo de 8 h. Al finalizar el periodo de reposo los pollos fueron trasladados a la zona de matanza. Allí fueron insensibilizados de forma individual por dislocación cervical según la norma NOM-062-ZOO-1999. Los resultados obtenidos indican que las concentraciones sanguíneas de pO₂ y pCO₂ disminuyeron significativamente en los periodos post-transporte y post-reposo respectivamente, con respecto a los valores de referencia ($P < 0.05$), sin observarse diferencias con los demás periodos de muestreo. Las concentraciones de glucosa incrementaron significativamente ($P < 0.05$) después del post-transporte en comparación a los valores de referencia. Sin embargo, después del periodo de reposo las concentraciones de glucosa disminuyeron con respecto a las observadas durante el post-transporte ($P < 0.05$), alcanzando valores incluso menores a los de referencia. Con respecto a las concentraciones de lactato, estas se mantuvieron sin cambios hasta antes del exsanguinado, periodo en el que disminuyeron significativamente ($P < 0.05$) con respecto a las tres etapas previas. No obstante, el valor del pH sanguíneo no sufrió modificaciones en ninguna de las etapas evaluadas. Las concentraciones de K⁺ alcanzaron las mayores concentraciones ($P < 0.05$) durante el post-transporte y el exsanguinado con respecto a los valores de referencia y a los del post-reposo. En contraste, durante estas dos últimas etapas mencionadas, las concentraciones de Na⁺ alcanzaron las mayores concentraciones ($P < 0.05$). Las concentraciones de Ca⁺⁺ disminuyeron de manera significativa ($P < 0.05$) durante el post-reposo en comparación a las dos etapas previas. El transporte genera alteraciones en el intercambio gaseoso, y el equilibrio mineral. El período de descanso permitió la restauración de intercambio de gases y el equilibrio mineral. Durante el exanguinado se exhibieron desequilibrios en el

intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base, metabolismo energético y el equilibrio mineral. **En la segunda fase** el objetivo fue establecer el efecto de la duración del transporte en las alteraciones hemodinámicas del pollo de engorda que arriba al rastro. En esta segunda fase se utilizaron un total de 168 pollos de engorda (broiler) finalizados de la estirpe Ross de 49 días de edad, con un peso promedio de 3 kg de peso vivo. Los pollos fueron asignados a dos grupos experimentales, T₂ y T₄, los cuales fueron transportados por un periodo de 2 y 4 h respectivamente. Al arribar al rastro, ambos fueron divididos en dos lotes. Al primer lote se le permitió reposar (SR₂=transportados por 2 h y SR₄= transportados por 4 h) mientras que segundo lote, pasó directamente al proceso de matanza. Inmediatamente después del transporte la PCO₂ y PO₂ disminuyeron en todos los grupos T₂ y T₄ (P<0.05), Las concentraciones de lactato y niveles de pH incrementaron y disminuyeron respectivamente en los grupos de T₂ y T₄ (P<0.05) y los niveles de Na⁺ y HTC incrementaron. Durante el desangrado la PCO₂ y lactato disminuyeron en los grupos que recibieron reposo (P<0.05). Mientras que el pH incrementó (P<0.05) y el HTC del grupo T₄ disminuyó (P<0.05). Los resultados del presente estudio demuestran que independientemente de las horas (2 o 4 h) que sean transportados los pollos al rastro, el transporte resulta en hipercapnia, hipoxia, lactacidemia, aumento de la tasa metabólica con el consecuente consumo de glucosa e hiponatremia. **En la tercera fase** el objetivo fue determinar el efecto de la intensidad de las vibraciones controladas a través de una plataforma vibratoria, sobre las variables sanguíneas y las propiedades fisicoquímicas de la carne. En esta tercera fase experimental se utilizó un total de 56 pollos de engorda finalizados de la estirpe Ross con 49 días de edad y un peso promedio de 3 ± 0.50 kg. Para cada condición ambiental, los pollos se sometieron a vibraciones por 30 y 180 min (T₁: 30 min Vs. T₂:180 min), y las aves fueron sometidas a dos frecuencias de vibración (5 Vs. 10 hertz). Antes y después del periodo de vibración se realizó una valoración de indicadores críticos sanguíneos. Para el análisis de la calidad de la carne se midió el color (L*, a* y b*), pH, temperatura, textura y capacidad de retención de agua. En los resultados se encontró un incremento (P<0.05) del pH sanguíneo en los pollos de T₁ que fueron sometidos a vibración alta (VA) (7.50±0.01) durante el día, con respecto a sus valores de referencia (R) (7.41±0.01). Durante el día la pO₂ incrementó (P=0.0013) en los pollos de T₁ que fueron sometidos a vibración baja (VB) (43.60±1.51 mmHg) y VA (42.50±3.41mmHg) con respecto a R (31.1±2.98 mmHg). En la noche, los niveles de Na⁺ incrementaron (P<0.0001) en promedio 155.62 mmol/L en ambos tiempos de transporte comparados con los valores de R (130.4±2.32 mmol/L) independientemente de la intensidad de la vibración. Durante el día, los niveles de glucosa sanguínea no tuvieron modificaciones por efecto del tiempo de transporte, ni por la intensidad de las vibraciones (P=0.2677). En el día, se apreció un incremento (P<0.0001) del lactato sanguíneo en los pollos que fueron vibrados a intensidades bajas (T₁: 61.8±9.05 y T₂: 79.57±7.31 mg/dL)

con respecto a R (34.7 ± 3.73 mg/dL) en ambos tiempos de transporte. En conclusión, las aves presentaron modificaciones en todos los indicadores fisiológicos y metabólicos evaluados independientemente de la simulación del periodo de tiempo de transporte ($P < 0.0001$). No obstante, durante el día los valores sanguíneos fueron superiores en comparación con los valores de referencia sin importar la frecuencia de las vibraciones ($P < 0.05$). Las características fisicoquímicas de la carne de pollo se vieron afectados particularmente por el periodo diurno expuestas las aves de engorda, perjudicando el pH, color, CRA, textura y temperatura interna en todos sus tratamientos.

Palabras claves: Bienestar del pollo, estrés, respuestas fisiometabólicas, transporte, reposo, vibraciones, calidad de la carne.

Abstract

The general objective of this thesis was to evaluate the welfare through adjustments in gas exchanges, the acid-base balance, and blood mineral levels in broiler chickens, which were subjected to two different conditions of transport and repose, as well as the effect of the intensity of vibrations controlled by the use of a vibratory platform on the physicochemical properties of meat. The experimental protocol consisted of 3 phases. The aim of the first phase was to evaluate the behavior of blood variables in broiler chickens during transport, repose and bleeding. A total of 105 finalized Ross broiler chickens were used. Age was 47 ± 2 days, and average weight was 3.2 kg. All chickens were from the same farm. Three repetitions were performed for each experimental condition with 35 birds utilized in each repetition, for a total simple of 105 chickens. Later, they were transported overnight and monitored upon their arrival, after a repose period, and at bleeding. Upon arrival at the abattoir, the chickens were housed and allowed to repose in a holding pen for a period of 8 hours. The space available was 7-to-10 birds/m². At the end of the repose period the chickens were transferred to the slaughtering area, where they were desensitized individually by cervical dislocation following the norm NOM-062-ZOO-1999. Results indicated that blood concentrations of pO₂ and pCO₂ decreased significantly in the post-transport and post-repose periods, respectively, compared respect to reference values ($P < 0.05$), though no differences were observed in relation to the other sampling periods. Glucose concentrations increased significantly ($P < 0.05$) during post-transport compared to reference values; however, after the repose period, glucose concentrations declined with respect to those observed during the post-transport period ($P < 0.05$), even reaching levels below the reference values. Lactate concentrations remained unchanged until just before bleeding, when they decreased significantly ($P < 0.05$) compared to the previous stages. In contrast, blood pH values suffered no modifications in any of the stages evaluated. Concentrations of K⁺ reached their highest levels ($P < 0.05$) during the post-transport and bleeding periods with respect to reference and post-repose values. In contrast, it was during these final two stages that Na⁺ concentrations reached their highest levels ($P < 0.05$). Concentrations of Ca⁺⁺ decreased significantly ($P < 0.05$) during post-repose compared to the two previous stages. Transport generated alterations in gas exchanges and the mineral balance, but the rest period allowed restoration of these two measures. During bleeding, disequilibriums were observed in gas exchanges, the acid-base balance, energy metabolism, and the mineral balance. The objective of the second phase was to determine the effect of transport time on hemodynamic alterations in broiler chickens upon arrival at the slaughterhouse. In this phase we used a total of 168 finalized Ross broiler chickens (broilers) aged 49 days, and with an average live weight of 3 kg. The broilers were assigned to two experimental groups, T₂ and T₄, which were transported for periods of 2 and 4 h, respectively. Upon arrival at the abattoir, each group was divided into

two lots. The first lot was allowed to repose (SR₂=transported for 2 h, and SR₄=transported for 4 h), while the second lot was introduced directly into the slaughtering process. Immediately after transport, PCO₂ and PO₂ decreased in all groups, T₂ and T₄ (P<0.05), Lactate concentrations and pH levels increased and decreased, respectively, in groups T₂ and T₄ (P<0.05), while Na⁺ and HTC levels increased. During bleeding, PCO₂ and lactate decreased in the groups that were allowed to repose (P<0.05), while pH increased (P<0.05) and HTC decreased in group T₄ (P<0.05). The results of this part of the study demonstrate that regardless of transport time (2 or 4 h) to the slaughterhouse, transport produced the following conditions: hypercapnia, hypoxia, lactoacidemia, and an increased metabolic rate with the resulting consumption of glucose and hyponatremia. In the third phase, our goal was to determine the effect of the intensity of vibrations controlled through the use of a vibratory platform on the blood variables and physicochemical properties of the chicken meat. In this experimental stage we utilized a total of 56 finalized Ross broiler chickens aged 49 days and with an average weight of 3 ± 0.50 kg. For each environmental condition, the broilers were subjected to vibrations for 30 and 180 min (T₁: 30 min vs. T₂:180 min) at two different vibration frequencies (5 vs. 10 hertz). Evaluations of critical blood indicators were performed before and after the vibration period. To analyze meat quality the study measured color (L*, a* and b*), pH, temperature, texture, and water-retention capacity. Results revealed an increase (P<0.05) in blood pH in all the T₁ chickens that were subjected to high vibration (HV) (7.50±0.01) during the day, with respect to reference values (R) (7.41±0.01). During the daytime pO₂ increased (P=0.0013) in the broilers in T₁ that were subjected to low vibration (LV) (43.60±1.51 mmHg) and HV (42.50±3.41mmHg), with respect to R (31.1±2.98 mmHg). At night, Na⁺ levels increased (P<0.0001) by an average of 155.62 mmol/L for both transport times compared to R values (130.4±2.32 mmol/L) regardless of the intensity of vibration. During the daytime, blood glucose levels showed no modifications due to either the effect of transport time or the intensity of vibration (P=0.2677). Also during the day there was an increase (P<0.0001) in blood lactate in the broilers that received low-intensity vibration (T₁: 61.8±9.05; T₂: 79.57±7.31 mg/dL) with respect to R (34.7±3.73 mg/dL) in both transport times. In conclusion, these broilers presented modifications in all the physiological and metabolic indicators evaluated, regardless of the simulated transport times (P<0.0001). However, during the daytime, blood values were higher than reference values regardless of the frequency of vibration (P<0.05). The physicochemical characteristics of the chicken meat were affected, especially by the daytime exposure period, as pH, color, water-retention capacity, texture, and internal temperature deteriorated under all treatment regimens.

Keywords: welfare of broilers, stress, physiological responses, transport, repose, vibration, meat quality.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, decenas de billones de pollos se matan anualmente para el consumo humano. La producción y el consumo de carne de pollo en México ha aumentado considerablemente 1.7 % en los tres últimos años (OCDE/FAO, 2013; UNA, 2014). Las empresas comerciales tienen actualmente un margen de procesamiento de 140 a 180 pollos de engorda por minuto, lo que obliga cada vez más, a realizar el faenamiento con equipo automatizado y dejar a un lado el proceso manual (McNeal y Fletcher 2003; McNeal *et al.*, 2003), sin embargo, antes de llevarse a cabo este procesamiento, los pollos son sometidos a varios eventos y a múltiples factores de riesgo en la última etapa de su vida productiva (entre la unidad de producción y la planta de procesamiento) y sobre su bienestar (Nidjam *et al.*, 2004), de donde nace la preocupación sobre las pérdidas económicas que se generan por el descuido en el manejo *antemortem* y las repercusiones *postmortem* (en la canal) (Warriss *et al.*, 1990a; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012; EFSA, 2013).

Uno de los principales problemas que enfrenta la industria avícola hoy en día, es el estrés *antemortem*. Dicho fenómeno biológico es responsable de una proporción sustancial de las pérdidas económicas que se producen cuando las aves llegan a la planta de procesamiento (Nidjam *et al.*, 2004; Voslarova *et al.*, 2007). Muchos investigadores han estudiado el estrés en pollo de engorda a través de diferentes enfoques y se ha determinado que los factores asociados al estrés ocasionan alteraciones fisiológicas, metabólicas y etológicas en su homeostasis. Esto sucede particularmente cuando el daño se excede e implica un sobre esfuerzo del organismo a sobrepasar su nivel de resistencia (Mitchell y Kettlwell, 1994), afectando entonces su bienestar (Minka y Ayo, 2009; Mota-Rojas *et al.*, 2011) y la calidad de la carne (Hasan, 2012).

Previo a la matanza del pollo de engorda se involucran situaciones tales como, la captura, el enjaulado, el embarque, el transporte, el reposo y exsanguinado entre otras (Kannan y Mench, 1996; Zhang *et al.*, 2009). Sin embargo, cuando nos referimos al transporte, se sabe que el bienestar de los pollos será expuesto a factores externos como: cambios de temperatura (microclima), hacinamiento, confinamiento, densidad de carga,

deshidratación, olores desconocidos, ruido y vibraciones. No obstante, de éste último factor se sabe poco e incluso, faltan estudios que determinen las consecuencias durante el transporte de las aves (Gebresenbet *et al.*, 2011; Danofre *et al.*, 2014). Otra situación que compromete el bienestar del pollo es cuando éste arriba a la planta de procesamiento y no pasa directamente a matanza, sino que permanece un tiempo de espera en andén, lo que no necesariamente debe considerarse como reposo.

Mientras que para otras especies el reposo después del transporte es una opción (Roldan-Santiago *et al.* 2013), para los pollos es un factor de riesgo y de estrés (Gispert *et al.*, 2009), sobre todo si el índice de mortalidad tiende a incrementar en ese momento (Nidjam *et al.*, 2004). Cuando se llega al proceso de matanza, el método de aturdimiento y el desangrado cobran mayor importancia si no se ejecutan correctamente, permitiendo la pronta recuperación de la conciencia mucho antes de que el ave muera, lo que resultará en el aumento de la angustia y el sufrimiento de forma considerable. Por el contrario, la aplicación correcta de dichos métodos permitiría disminuir el número de aves vivas que llegan al proceso de escaldado.

Cuando se refiere a la calidad de la carne, se puede considerar como el reflejo del manejo anterior a la matanza. Sin embargo, si se considera la presencia de daños físicos tales como, hematomas, alteraciones del pH, color, capacidad de retención de agua y reducción de la suavidad (Petracci *et al.*, 2001); podrán dar evidencia éstas variables, si las aves cursaron por periodos de estrés severo o prolongado, y por un estado pobre de bienestar (Shawkat *et al.*, 2008).

Al respecto, el conocimiento con relación a los perfiles fisiometabólicos e intercambio de gases en sangre en los animales de matanza, proporciona información clara en torno a las modificaciones de variables sanguíneas a causa del estrés agudo y las repercusiones en las reacciones enzimáticas *postmortem* durante la transformación del músculo en carne (González *et al.*, 2007; Sayas-Barberá *et al.*, 2010; Roldan-Santiago *et al.*, 2011).

Por antes señalado, el objetivo de estudio de la presente tesis fue evaluar el bienestar a través de los desajustes en el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base y

mineral sanguíneos en pollo de engorda, que fueron sometidos en dos diferentes condiciones de transporte y reposo, así como, la evaluación de la intensidad de las vibraciones controladas a través de una plataforma vibratoria sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne.

II. JUSTIFICACIÓN

Estudios previos han demostrado que el manejo *antemortem* del pollo de engorda sigue comprometiendo su bienestar (Mitchell y Kettlewell, 1998). Por esto, varios autores han intentado demostrar cuál es el mejor tiempo de transporte bajo diferentes condiciones ambientales, ya sea de día o de noche (Zangh *et al.*, 2010; Strawford *et al.*, 2011). Además, se ha enfatizado sobre el análisis de los factores que se asocian al traslado del pollo a la planta de procesamiento que conllevan al estrés y al deterioro de la calidad de la carne (Warriss *et al.*, 1990a; Minka y Ayo, 2010).

Sin embargo, hasta el momento no existen estudios que señalen de forma integral, las principales alteraciones hemáticas del pollo de engorda que permitan conocer las modificaciones de su estado metabólico y las alteraciones que deterioran la calidad de la carne. La escasa información sobre el perfil fisiometabólico en pollo de engorda frente al manejo *antemortem*, justifica la realización del presente estudio.

Con el fin de medir el bienestar del pollo de engorda por efecto de las respuestas fisiológicas sanguíneas durante el transporte, reposo, exsanguinado y su alteración en la calidad de la carne, se procurará identificar el proceso de estrés mediante el análisis de los perfiles fisiometabólicos en las aves. El propósito es determinar la magnitud de afección sobre el intercambio gaseoso, metabolismo energético, equilibrio ácido-base y mineral e hídrico, que a su vez, permitirá entender el desempeño fisiológico del pollo de engorda ante su manejo, así como las repercusiones de la intensidad y frecuencia de las vibraciones en la calidad de la carne y así, proponer mejoras en las condiciones de su bienestar.

V. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es el comportamiento del perfil fisiometabólico en pollos de engorda durante el transporte, reposo y exsanguinado?
2. ¿Cómo se alteran los perfiles fisiometabólicos por efecto de la duración del transporte?
3. ¿Cuál es el efecto de la intensidad de las vibraciones durante el viaje sobre las variables sanguíneas y las propiedades fisicoquímicas de la carne?

IV. HIPÓTESIS

- 1) El pollo de engorda transportado durante la noche por tres horas al rastro tendrá un menor grado de alteraciones fisiometabólicas durante el transporte, el reposo y el exsanguinado.

- 2) Las alteraciones de los perfiles fisiometabólicos en el pollo de engorda serán mayores a medida que el periodo de transporte se prolongue.

- 3) El efecto de la intensidad de las vibraciones durante el transporte, incrementará el estrés y modificará el equilibrio hemodinámico, repercutiendo sobre la calidad de la carne.

V. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el bienestar a través de los desajustes en el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base y mineral sanguíneos en pollo de engorda, que fueron sometidos en dos diferentes condiciones de transporte y reposo, así como, la evaluación de la intensidad de las vibraciones controladas a través de una plataforma vibratoria sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne.

Objetivos particulares

- 1) Evaluar el comportamiento de las variables sanguíneas en pollos de engorda durante el transporte, reposo y exsanguinado.
- 2) Establecer el efecto de la duración del transporte en las alteraciones hemodinámicas del pollo de engorda que arriba al rastro.
- 3) Determinar el efecto de la intensidad de las vibraciones controladas a través de una plataforma vibratoria, sobre las variables sanguíneas y las propiedades fisicoquímicas de la carne.

VI. ANTECEDENTES

6.1. Bienestar del pollo de engorda

En México, la producción y el consumo de carne de pollo han aumentado considerablemente en los últimos años (OCDE/FAO, 2013). Sin embargo, esto ha tenido efectos deletéreos sobre el bienestar de estas aves. Los mayores problemas de bienestar en las aves de engorda surgen de una combinación de selección genética para acelerar el ritmo de crecimiento y la alta densidad de espacio (por arriba de 45 kg/m²) dentro de la misma granja (Dawkins *et al.*, 2004; EFSA, 2004). La selección en pollo de engorda (productor de carne) ha sido enfocada principalmente a aspectos económicos para reducir los costos de producción (FAWC, 1992; Knowles *et al.*, 2008). Una población de animales que ha sido seleccionada genéticamente para la alta eficiencia de producción parece estar más en riesgo de problemas conductuales, fisiológicos e inmunológicos (Rauw *et al.*, 1998), lo que ha llevado a la conclusión de que acelerar la tasa de crecimiento de las estirpes de pollo que actualmente se utilizan para este propósito, no se acompaña necesariamente de un nivel satisfactorio de bienestar y salud de los animales. Sobre todo cuando se ha determinado que éstos presentan problemas en la regulación del equilibrio energético para termorregularse bajo condiciones extremas (Luger *et al.*, 2003), encontrando una tasa de mortalidad del 1% a la semana, lo que representa siete veces la tasa de las gallinas ponedoras de la misma edad (SCAHAW, 2000).

Sin embargo, los efectos negativos de las altas densidades de población se reducen en las unidades de producción si estas cuentan con sistemas de control ambiental interno (OJEU, 2007). La industria de carne de pollo busca aumentar la tasa de crecimiento de los animales para reducir el tiempo que les toma alcanzar la edad de sacrificio. En 1960, un ave para consumo hubiera sido sacrificada entre los 70 y los 84 días de edad con 2 Kg de peso; actualmente las aves se sacrifican entre los 40 y 42 días con el mismo peso. De esto resulta un ave muy pesada pero con un sistema óseo poco desarrollado, lo que ocasiona deformidad en las patas, fracturas al momento de la captura y transporte, y mayor decomiso de la canal (Paxton *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2013).

6.2. El método de captura y embarque

La captura, es una etapa *premortem* muy importante para el pollo de engorda. Cuando los pollos han alcanzado el peso deseado al mercado y termina su etapa productiva en granja, los pollos son colocados en jaulas y transportados a la planta de procesamiento. El objetivo del planeamiento y coordinación del proceso de captura es asegurar una baja mortalidad al arribo, reducir el miedo y cumplir con altos estándares de bienestar en las aves. Esta práctica se realiza generalmente por método manual o mecánico en cualquier momento y a cualquier hora del día o la noche (Nicol *et al.*, 1990).

Previo a la captura, se debe tomar en cuenta aspectos muy importantes como el, la ubicación de la granja (distancia), programa de retiro de alimento, la hora de captura (día o noche) y el método (velocidad), las condiciones meteorológicas, la capacidad de procesamiento de la planta y la velocidad de línea (aves por hora) (Moran y Bilgili, 1995); sin embargo, lo más importante detrás de comenzar el manejo de las aves, el equipo que realizará la captura y el transporte de las aves, deberá contar con las instrucciones adecuadas y estar informados sobre los aspectos básicos del bienestar animal y del manejo de las aves (CPTPWA, 2003).

El retiro del agua y el alimento del corral de engorda se sugiere que sea de 6 a 9 horas el alimento y el agua 1 hora antes de darse la captura, la intención de esta práctica es reducir el contenido intestinal al momento de la matanza (Lacy y Czarick, 1998) y facilitar la maniobra dentro de la caseta (Nijdam *et al.*, 2005).

El estrés relacionado al ayuno induce cambios relevantes internos en las aves, los cuales son manifestados como alteraciones bioquímicas y hematológicas (Kannan y Mench, 1996; Vecerek *et al.*, 2006). Aunado a lo anterior, tanto Freeman *et al.*, (1984) como Nijdam *et al.*, (2004) han descrito varios factores posibles de estrés durante este período incluyendo la captura, la inversión, el enjaulado, el embarque, los trastornos sociales, cambios de micro y macro clima, entre otros, de modo que el sólo hecho de invertir a las aves durante la captura, promueve el incremento bioquímico tanto de

epinefrina como de glucocorticoides que afectarán la calidad de la carne (Nijdam *et al.*, 2005).

Aunque hasta el momento no hay un método de captura específico para el pollo de engorda, se han dado alternativas que sugieren ciertas ventajas y desventajas. No obstante, la alta incidencia de defectos causados por la captura manual tradicional del pollo se han sugerido diversas alternativas que van desde la captura mecánica (para reducir las jornadas laborales y menor contacto con el pollo) hasta el método de captura manual por sistema brasileño (que toma ave por ave más cuidadosamente y es un manejo gentil) (Castañeda, 2011).

El método de captura manual, consiste en tomar de una pata y de forma invertida a las aves, en grupos de 4 o 5 suspendidas en una mano (dependiendo de su tamaño). La inversión de las aves durante la captura reduce la lucha, el aleteo y en consecuencia el potencial a lesionarse a sí mismas o a otras aves. Sin embargo, no se descarta que la fuerza excedida por el trabajador a la sujeción del ave pueda ocasionar traumatismos considerables como la dislocación del fémur en la articulación coxo-femoral, debido a que un trabajador acarrea en promedio de 1,000 a 1300 pollos por hora, lo que vuelve dicho procedimiento un factor sumamente estresante (Bayliss y Hinton, 1990; Prescott, 2000). En tanto, la captura por el sistema brasileño, tiene por objetivo capturar a las aves individualmente realizando la sujeción de las mismas en ambos lados (de ahí que en campo se le conoce como captura “en bola” debido a la similitud en sujetar una pelota o bola). Reportes de campo indican que el sistema brasileño disminuye la incidencia de hemorragias, rasguños, huesos rotos y dislocados en las parvadas de pollo, sin embargo no es utilizado extensivamente debido a que se reporta que es necesario aumentar el número de trabajadores de la flotilla, así como el tiempo (>30 a 60 minutos) que se emplea en la captura de la parvada (Lacy y Czarick, 1998; Castañeda, 2011).

El método de captura mecánico, se ha caracterizado por ser uno de los mejores métodos. Se ha visto que este método produce menos estrés en las aves, ya que no coloca a los pollos en posición invertida, sin embargo, la máquina está equipada con dedos de goma que introducen a los pollos con una banda transportadora. Implementar

ese método ofrece beneficios al bajar los costos por captura, ocasionar menos estrés y disminuir el número de hematomas y lesiones en las aves (Nidjam *et al.*, 2005).

Una vez hecha la captura, las aves se colocan en jaulas de plástico o metálicas (modulares). Aunque la captura es común tanto de noche como de día, los pollos de mayor peso (> 3 kg) generalmente se programan para la noche o la madrugada para reducir el número de aves muertas al arribo. La cantidad de aves por jaula o módulo se basa en el tamaño, la distancia de traslado y por las condiciones climatológicas.

La captura de los pollos de engorda sigue siendo uno de los pocos aspectos en la producción de pollo que aún no ha sido automatizado. Los beneficios de la captura manual han sido comparados con los de la captura mecánica, siendo los segundos, de menor costo, además de que disminuye las condiciones de trabajo realizado por los trabajadores y mejorará el bienestar de las aves en cuanto a estrés y a lesiones se refiere (Lacy y Czarick, 1998).

6.3. El transporte

El transporte es una actividad importante para la industria avícola. Es un tema controvertido en el ámbito de bienestar animal (Gonzalez *et al.*, 2007). Uno de los principales problemas que la industria avícola enfrenta hoy en día es precisamente, el estrés *antemortem*, el cual es responsable de una proporción sustancial de las pérdidas económicas que se producen a la llegada de las aves al rastro. Algunos estudios han confirmado que los efectos del transporte durante periodos cortos o largos a la planta de procesamiento son debidos a signos de estrés que se manifiestan en los animales de matanza (Ali *et al.*, 2006; Mota-Rojas *et al.*, 2011b). A medida que el transporte se prolonga (>300 km) o se realiza bajo condiciones de temperaturas extremas (frío y calor), el índice de las aves muertas que arriban a la planta de procesamiento se eleva (Vecerek *et al.*, 2006).

Durante el transporte, los pollos experimentan nuevos eventos externos como lo es el ruido, la vibración, el movimiento, el hacinamiento, elevada densidad de carga,

privación de agua y alimento, disturbios sociales (Mench, 1992; Estevez, 2007), lesiones, y condiciones ambientales extremas (estrés térmico) con variaciones de humedad.

La humedad, especialmente en climas tropicales donde existe poca ventilación contribuye al incremento del número de aves muertas al arribo (DOA- *en inglés*) lo que culmina en pérdidas económicas significativas (Kranen *et al.*, 1998; Fazio y Ferlazzo, 2003).

Los efectos adversos de estos factores y sus combinaciones pueden variar desde una leve molestia hasta la aversión de los pollos previamente a la muerte. Se sabe desde hace mucho tiempo, que el estrés causa cambios en el metabolismo muscular de los animales y además, produciendo diferencias en la calidad de la carne (Remignon *et al.*, 1998; Savenije *et al.*, 2002). La evidencia de que las aves están metabólicamente agotadas después de tratar con una variedad de eventos, se da mediante actividades tales como, golpear sus alas después de la descarga y la contracción muscular debida a la vibración (Elrom, 2001).

Otro de los principales factores de estrés cuando los pollos son transportados a la planta de procesamiento es el estrés térmico (Kettlewell *et al.*, 1993). La temperatura de la parte superior, de abajo, de enfrente y atrás del vehículo puede diferir significativamente, puesto que los transportistas deben ser conscientes de esto al considerar el bienestar de las aves transportadas. La circulación de aire en la unidad de transporte debe proveer suficiente oxígeno para las aves, eliminar olores, gases, y permitir el control de temperatura y humedad. Los contenedores deben ser apilados de una forma que faciliten buena ventilación. Deberá existir un espacio suficiente para facilitar la pérdida de calor e interferir con la circulación de aire entre los contenedores (jaulas) (CPTPWA, 2003).

El transporte del pollo de engorda a la planta de procesamiento ha llevado a la conclusión sobre las afecciones negativas del estrés inducido en la parte clínica, bioquímica, aspectos hormonales y/o inmunológicas de las aves (lo que ha resultado ha resultado en la pérdida de peso, incremento del nivel de catecolaminas circulantes, cortisol, glucosa, lactato y creatín fosfoquinasa; al aumento del ritmo cardíaco y volumen

celular; y la evidencia de deshidratación en algunos casos) (González *et al.*, 2007; Yue *et al.*, 2010).

Algunos estudios, han tratado de caracterizar las respuestas fisiológicas y de comportamiento de las aves hasta el transporte, ya sea a través de pruebas de campo o de laboratorio. Duncan (1989) ha sugerido que el transporte en un vehículo representa un factor de estrés severo en base a mediciones de la inmovilidad tónica, la frecuencia cardíaca y las concentraciones de corticosterona en plasma. Estos resultados son apoyados por estudios que incluyen la medición de inmovilidad tónica tras el transporte de pollos de engorda que indicaban que el transporte en sí puede aumentar en gran medida el miedo en las aves (Nicol y Scott, 1990). Estas respuestas pueden ser, en parte, la consecuencia de movimiento y de ruido como proponen Nicol y Scott (1990). Asimismo, los estudios sobre las vibraciones han sido estudiados en los transportes comerciales mediante el registro de la evolución temporal de aceleraciones en tres ejes perpendiculares, en el piso de la plataforma del vehículo y dentro de los contenedores (jaulas) del transporte (Randall *et al.*, 1993).

En tanto, otros estudios han evaluado el efecto de la duración del transporte y la distancia sobre el bienestar animal y la calidad de la carne en pollo de engorda. Sin embargo, los hallazgos son contradictorios ya que la mayoría de estudios han asociado el transporte de largas distancias con mortalidades más altas (Vieira *et al.*, 2011). En contra parte, otros autores han indicado que el transporte por trayectos cortos podría ser más estresante para las aves (Vosmerova *et al.*, 2010). De ahí que el transporte, se ha caracterizado por ser uno de los procesos más estresantes en el pollo de engorda previo a su matanza (Mitchell *et al.*, 1992; Mota-Rojas *et al.*, 2012).

6.3.1. Monitoreo ambiental

El estrés térmico (microclima) ha sido identificado como un gran problema en los pollos durante el transporte. El microclima dentro del remolque es el factor más importante que afecta el bienestar de pollos ya sea por calor o por frío, lo que predispone al estrés y la muerte al arribo (Broom *et al.*, 2005). La tolerancia a los cambios de temperatura de las

aves ha disminuido actualmente, haciéndolas más susceptibles al estrés térmico (Watts *et al.*, 2011).

Se sabe que el microclima térmico al que los pollos son expuestos durante el transporte es una de las causas de estrés en el transporte (Mitchell *et al.*, 1992). Freeman *et al.* (1984) encontraron un incremento en las concentraciones de corticosterona en plasma e hipoglucemia en pollos transportados de 2 a 4 h, siendo mayor en invierno que en verano. Yalcin *et al.* (2004) reportaron que el transporte de 1 hora en pollos daba como resultado el incremento de los niveles de ácido úrico y de glucosa en verano que en invierno. Nijdam *et al.* (2005) encontraron que el transporte de pollos por periodos de 3 h causaba un incremento mayor en la concentración de corticosterona en plasma en verano que en invierno, mientras que la disminución de glucosa fue la misma en ambas estaciones del año.

Por otro lado, Lin *et al.*, (2000), observaron un aumento de glucosa en plasma en la exposición al calor (35°C) y continuó incrementado cuando la exposición fue por 24 h. Mientras que Lin *et al.*, (2006), observaron que las concentraciones plasmáticas de ácido úrico, glucosa y corticosterona en pollos no fueron afectados significativamente al ser expuestos al calor (32 °C) por 6 h.

Se ha observado en el estudio de Kataria *et al.*, (2008) que el efecto de la variación de las temperaturas ambientales bajas (13 a 16°C) en pollos disminuyen significativamente los niveles de glucosa y triglicéridos, mientras que los niveles de corticosterona, proteínas totales y ácido úrico no se modificaron a 24 a 27°C. Por el contrario, las temperaturas altas (42 a 45°C) elevan significativamente la corticosterona sérica, el ácido úrico, la glucosa, y los triglicéridos. No obstante, los pollos también responden al estrés fisiológico y a las temperaturas elevadas con un incremento en la síntesis de proteínas de shock térmico (HSP) o proteínas del estrés (Einat *et al.*, 1996).

En tanto, en el estudio realizado por Dadgar *et al.*, (2012) las aves fueron expuestas a temperaturas por debajo de 0°C durante un transporte simulado, lo que dio como resultado efectos significativos en metabolitos del músculo de la pechuga y el muslo, así como en los parámetros de la calidad de la carne, con mayores efectos sobre la carne del

muslo. La carne de la pechuga y el muslo de las aves estresadas por frío fueron más oscuras, rojizas, y menos amarillas en color y tuvieron un pH mayor al ser comparadas con las pechugas y muslos de los aves del tratamiento control.

6.3.2. Vibraciones

La vibración, es un tipo de movimiento caracterizado por dirección (horizontal, vertical), aceleración y frecuencia (Perremans *et al.*, 2001), producido por acontecimientos externos que surten efecto sobre los organismos apoyados en una superficie vibratoria, situación comúnmente observada en el transporte del pollo de engorda (Danofre *et al.*, 2014). Al mismo tiempo, la respuesta a la vibración sobre las aves está influenciada por factores tales como, el tamaño, masa corporal, la edad, el sexo, la salud, la aptitud, el cambio de postura del cuerpo y en ocasiones, a experiencias previas (Gebresenvet *et al.*, 2011), Esto está relacionado principalmente a situaciones de miedo, malestar y a la reducción de la eficiencia de los sistemas biológicos (Corbridge y Griffin, 1986; Randall *et al.*, 1997; Danofre *et al.*, 2014).

Por otra parte, la vibración del vehículo, tiene un efecto negativo sobre las aves cuando tratan de mantener el equilibrio al contraer sus músculos durante el transporte. La evidencia que expresan las aves de permanecer bajo un pobre bienestar a causa de la vibración mecánica, es una manifestación de los disturbios fisiológicos, en el comportamiento y al deterioro de la calidad de la carne (Mitchell y Kettwell, 1994; Randall *et al.*, 1994).

Mientras que las aves son expuestas durante el transporte a cambios temperatura y humedad, ayuno, confinamiento, densidad de carga, miedo; también son expuestas al movimiento (vertical, lateral y horizontal), al mal manejo del conductor y a las condiciones del camino, lo que será determinado por el grado, mayor o menor, de la intensidad vibratoria (Gebresenvet *et al.*, 2011; Danofre *et al.*, 2014). La transmisión de la mayor o menor intensidad vibratoria depende de los siguientes factores: condiciones de la carretera, determinados por la rugosidad, la presencia de agujeros, curvas u ondulaciones; condiciones del camión transportador, es decir, el número de ejes, calibración y mantenimiento; así también, del desempeño del conductor durante la

conducción, ya que él será el responsable de las variaciones de la velocidad; es decir, de la velocidad constante, del frenado y la aceleración (García *et al.*, 2008; Gebresenbet *et al.* 2011; Nazareno *et al.* 2013).

Muchos investigadores han dirigido sus estudios a las condiciones experimentadas por los seres humanos, con el objetivo de establecer grados de comodidad sin comprometer la estabilidad postural y provocar síntomas como la fatiga muscular, la enfermedad o la modificación de la frecuencia respiratoria (Randall, 1992). Asimismo, recientes investigaciones han demostrado la existencia del estado de aversión en el pollo de engorda a causa de las vibraciones (Randall y Rutter, 1993), además de posibles efectos sobre la temperatura corporal, pH muscular y las reservas de glucógeno (Warriss *et al.*, 1997; Debut *et al.*, 2003). Por otro lado, cuando se expone a los pollos a vibraciones por 60 min durante el transporte, se observa un estado de aversión con una variación individual en la respuesta (Randall, 1992; Abeyesinghe *et al.*, 2001). En contraste, evaluaciones en otras especies han encontrado que la frecuencia cardíaca fue más susceptible a la aceleración que a frecuencias dentro del rango de 2 a 8 Hertz (Hz) (Perremans *et al.*, 1998).

Por tal razón, las vibraciones durante el transporte a la planta de procesamiento son un factor de estrés para los pollos, dado que afectan el estado metabólico y el metabolismo muscular *postmortem* y (Petracci *et al.*, 2001) la calidad de la carne (Savenije *et al.*, 2002; Doktor y Połtowicz, 2009). Estudios previos señalan que la calidad de la carne sufre alteraciones en los pollos transportados al matadero por efecto del estrés, lo que conlleva fisiológicamente al incremento de la velocidad y del grado de desarrollo del rigor mortis, y a cambios bioquímicos en el músculo (acumulación de ácido láctico, disminución del ATP y desnaturalización de las proteínas) (Ali *et al.*, 2008). Esto a su vez, resulta en cambios indeseables en las características de la carne (pálida, suave y exudativa (PSE)) (Mc Kee y Sams, 1997; Sams, 1999) encontrando carne de pechuga con menor pH final (Holm y Fletcher, 1997; Dadgar *et al.*, 2010); reducción de la capacidad de retención de agua (CRA, WBC- *en inglés*); Petracci *et al.*, 2001) y reducción de la suavidad (Holm y Fletcher, 1997; Petracci *et al.*, 2001).

Hasta el momento, no existe un método estándar disponible todavía para evaluar la exposición de los animales a la vibración. En contraste, las normas generales ISO 2631 (1997) y BSI 6841 (1987) que se utilizan para evaluar la exposición humana a las vibraciones del cuerpo entero no se pueden utilizar para los animales, por ello, la mejor opción es realizar mediciones y evaluaciones sobre la vibración, específicamente para el transporte de animales (Gebresenbet *et al.*, 2011).

6.3.3. Estibamiento y densidad de carga

La densidad de aves en las jaulas juega un rol importante en la capacidad del ave de superar cambios de temperatura ambiental durante el transporte. Transportar pollos a bajas densidades, permite que los pollos regulen su temperatura corporal debido al aumento del espacio entre las jaulas. Este aumento de espacio permite que las aves se puedan mover, agrupar o separar entre ellas dependiendo de la temperatura ambiental, pero mucho espacio puede ser perjudicial ya que puede provocar el riesgo de lesionarse (Delezie *et al.*, 2007). Por lo tanto, la densidad dependerá de las condiciones climatológicas, peso y edad de las aves a la cual son transportadas (Elrom, 2000).

Se ha observado que el aumento de la densidad de aves por jaula da como resultado el aumento de la humedad relativa lo que dificulta los cambios térmicos entre las aves y el entorno en el que se movilizan (Nijdam *et al.*, 2004). Densidades entre 7 y 8 aves por jaula han demostrado ser las ideales. La variación de la densidad por jaula durante días calurosos y fríos causa estrés térmico en las aves transportadas. Las mayores pérdidas se producen durante los días calurosos, pero también en el período nocturno debido a la caída de la temperatura y al aumento de la humedad relativa, tomando en cuenta que hay un gradiente térmico entre la carga y el ambiente externo (Delezie *et al.*, 2007). Por lo anterior, se ha sugerido que la mejor densidad empleada resultó de 5 aves por jaula por la mañana y 7 aves por jaula en la tarde o noche (Vieira *et al.*, 2010).

6.4. Periodo de reposo

Desde la perspectiva del bienestar animal y la calidad de la carne, el transporte y el reposo *antemortem* son los factores más importantes previos a la matanza en animales de abasto (Mota-Rojas *et al.*, 2006; Gallo, 2008). El reposo previo a la matanza permite que el animal recupere las condiciones fisiológicas perdidas durante el proceso de carga, transporte y descarga, mientras que la regulación de las condiciones metabólicas, la recuperación de los niveles de glucógeno muscular y el tono muscular, proporcionan cierto confort a los animales más afectados por el manejo previo (Fischer, 1996; Roldan-Santiago *et al.*, 2013). Gispert *et al.*, (2000) observaron, en otras especies como el cerdo, que al incrementar el tiempo de reposo también incrementan los indicadores de estrés tales como el cortisol, lactato y cretina fosfoquinasa (Mota-Rojas *et al.*, 2009). En tanto que, los estudios realizados en pollos con diferentes tiempos de reposo han mostrado que el riesgo de muerte durante el transporte o el reposo aumenta enormemente mientras más tiempo les dé (Nidjam *et al.*, 2004).

Durante el reposo, los pollos pueden perder peso vivo (Veerkamp, 1986), las reservas de glucógeno pueden terminarse (Warriss *et al.*, 1988) y puede haber hipertermia (Warriss *et al.*, 1999). Es así que en la mayoría de veces el estrés y el agotamiento metabólico contribuyen a aumentar la mortalidad durante el transporte y el reposo (Nidjam *et al.*, 2004). Además, durante el reposo, la temperatura de las aves incrementa y las reservas de glucógeno del hígado se agotan, lo que indica períodos significativos de balance energético negativo (Warriss *et al.*, 1999). Según las estimaciones, el 40 % de las pérdidas antes del sacrificio están relacionadas con el estrés térmico provocado por temperaturas que son demasiado altas o demasiado bajas (Ritz *et al.*, 2005; Nidjam *et al.*, 2006). Por lo tanto, uno de los elementos más importantes para la supervivencia de las aves es el tiempo de reposo, que les permite un contacto adecuado con el nuevo entorno y reduce el estrés térmico sufrido anteriormente. Investigaciones previas realizadas al arribo a la planta de procesamiento en entornos con poca o ninguna ventilación, han recomendado intervalos de tiempo de menos de 2 horas (Hunter *et al.*, 1998) o de 1 a 2 h (Warriss *et al.*, 1999), mientras que en condiciones controladas por el clima, el tiempo recomendado de intervalos va desde más de 2 h (Quinn *et al.*, 1998). Sin embargo, la industria avícola aún carece de información sobre las variaciones en la longitud de estabulación y de sus implicaciones para la supervivencia y el bienestar de las

aves antes de la recepción en los mataderos (Kranen *et al.*, 1998; Ritz *et al.*, 2005; Roldan-Santiago *et al.*, 2011).

Las respuestas de los animales pueden ser evaluados a través de los registros de mortalidad y los datos sobre el trauma, así como evaluaciones no invasiva de los trastornos fisiológicos (von Borell y Schaffer, 2005) y observaciones de comportamiento, entre otros enfoques, los cuales, todos tienen cierta validez como medidas de bienestar (González *et al.*, 2007; Becerril-Herrera *et al.*, 2010).

6.5. Método de aturdimiento

Existen varios métodos de aturdimiento que van desde un simple golpe físico en la cabeza (por ser un método práctico y rápido), hasta los más recientes y sofisticados sistemas por inmersión de gas que han sido empleados en la matanza de los animales. El aturdimiento y la matanza deben considerarse como dos procedimientos distintos, ya que buscan dos objetivos diferentes (Craig y Fletcher, 1997; Shields y Raj, 2010; Mota-Rojas *et al.*, 2012b).

Desde el punto de vista de bienestar, el propósito del aturdimiento es que el animal quede inconsciente e inmóvil; de esta forma podrá exsanguinarse sin sentir dolor, miedo o distrés. En este contexto, será más fácil manipular al animal durante la matanza y mejorar la seguridad del operador (Gregory, 1998). Cabe destacar que no existen métodos ideales para el aturdimiento y matanza para pollo de engorda, por lo que es necesario seleccionar aquellos procedimientos que mediante una correcta aplicación, presenten mayores ventajas en términos de bienestar animal, que minimicen los problemas en la calidad del producto final y que sean de costo mínimo (EFSA, 2004; Roldan-Santiago *et al.*, 2011).

Además, para determinar la aplicación correcta del método de aturdimiento elegido, deberá tomarse en cuenta la reducción de los movimientos bruscos como el aleteo excesivo y las contracciones musculares violentas durante el desangrado (McNeal *et al.*, 2003). Sin embargo, la contraparte de los métodos de aturdimiento es que tienen efectos negativos en los índices metabólicos *postmortem* (glicolisis, acumulación de ácido láctico,

depleción de ATP) que al mismo tiempo llegan a repercutir la calidad de la carne (McNeal y Fletcher, 2003).

6.5.1. Método aturdimiento manual

El método manual se realiza por decapitación y se utiliza por lo general en granjas productoras familiares o comerciales para carne, por ser considerado como un método práctico, rápido y porque no se cuenta con equipo automatizado (Mota-Rojas *et al.*, 2012b). El método consiste en la separación de la cabeza del cuerpo por medio de un objeto cortante a través de un solo movimiento firme y certero (NOM-033-1994). Sin embargo, cuando el corte del cuello es ineficiente, los pollos recuperan la conciencia algunas veces durante el desangrado. De cierto modo, la intención del aturdimiento es incitar un paro cardíaco en las aves el cual no se logra con este método y así, evitar los problemas asociados con el corte del cuello ineficiente (Gregory y Wilkins, 1990).

6.5.2. Método de aturdimiento eléctrico

El sistema de aturdimiento eléctrico en las aves de corral fue desarrollado inicialmente con el propósito de inmovilizar temporalmente a las aves y garantizar una posición constante al llegar a las máquinas automatizadas de corte de cuello. El aturdimiento eléctrico consiste en hacer pasar una cantidad suficiente de corriente eléctrica a través del sistema nervioso para llegar cerebro del ave a un debido tiempo e inducirla a un estado epiléptico ocasionando insensibilidad instantánea (Bilgili, 1992).

El estado de inconsciencia inducida por la electricidad, es el resultado de la inhibición de impulsos de activación reticular y el sistema somatosensorial (Heath *et al.*, 1994). La pérdida de los potenciales evocados somatosensoriales (SEP) y de los electroencefalogramas espontáneos (EEG) han sido relacionados directamente con falla cerebral y a la insensibilidad al dolor instantánea (Gregory y Wotton, 1990). La corriente eléctrica que genera el aturdimiento al llegar al cerebro debe ser suficiente para inducir un ataque epiléptico. Esta corriente usualmente es menor que la requerida para generar una fibrilación ventricular y muerte por electrocución. Las corrientes insuficientes pueden inmovilizar físicamente al ave, pero no pueden prevenir el dolor, estrés, o incomodidad del animal (Fletcher, 1993).

El método de aturdimiento eléctrico se ha vuelto una alternativa en aves, ya que disminuye el movimiento involuntario (forcejeo) durante la lucha durante el proceso de muerte (Mota-Rojas *et al.*, 2012b). Asimismo, la inducción de la insensibilidad sirve para realizar eficazmente el degüelle y evitar que recobren la conciencia y que aleteen durante el desangrado (Raj, 1998).

Generalmente se acepta que la inconsciencia e insensibilidad para los pollos debe ocurrir en 1 s tras el aturdimiento eléctrico, de esta forma el ave debe permanecer en estado de inconsciencia mientras transcurre el tiempo entre el aturdimiento y el tiempo necesario para el desangrado y muerte. Richards y Sykes (1967) sugirieron que el período de insensibilidad tiene una duración de entre 30 y 60 s en los pollos, mientras que el desangrado correcto puede tomar hasta 60 segundos. Sin embargo, un lapso de tiempo mínimo de 40 o 52 s, es considerado tiempo suficiente de inconsciencia e insensibilidad para los pollos dependiendo de la combinación entre la duración del aturdimiento y el nivel de corriente (Gregory y Wotton, 1990; Raj, 2006).

El aturdimiento por éste método reduce las convulsiones y el daño a la canal asociado a éstas (Fletcher, 1999). Sin embargo, se ha demostrado que el aturdimiento eléctrico provoca defectos en la calidad de la carne, tales como hemorragias en alas, enfermedad de la piel roja, huesos rotos, puntas de alas rojas y manchas rojas en músculos de la pechuga. Durante el aturdimiento eléctrico los pollos pueden defecar, dirigir sus garras a otros pollos, o bien, pueden inhalar agua contaminada, lo cual genera contaminación en la canal así como degradación de la misma (Gregory y Whittington, 1992).

6.5.3. Método por Electronarcosis (Sistema de baño de agua)

El sistema de baño en agua (water-bath system - *en inglés*) es el método más utilizado comúnmente en condiciones comerciales para aturdir a las aves antes de la matanza (Raj, 1998; Shields y Raj, 2010). Para implementar éste método se requiere de una cabina de baño de vidrio con agua salina que es soportada bajo la línea superior de la cinta transportadora, en la que los pollos son movidos mientras se encuentran

suspendidos en los ganchos. Este método consiste en la inmersión de la cabeza del ave en el baño de agua electrificada, mediante la cual fluye una corriente que pasa a través del cuerpo del ave mientras está colgada (cabeza abajo) por las piernas en grilletes móviles (Hindle *et al.*, 2010). La cabina es regulable en altura y por lo general fijada a una altura que permite que las cabezas de las aves se sumerjan en el baño de agua salina. Una rejilla de metal electrificada está sumergida en la parte inferior del tanque de agua salada. Aunque la línea está conectada a tierra, una barra de hierro contacta con el suelo las cadenas y su función es completar el circuito eléctrico (Bilgili, 1999).

Cuando las aves pasan a través de la cabina de aturdido, se aplica voltaje entre el electrodo sumergido y la tierra (suelo), la corriente pasa a través de los pollos sumergidos en la cabina para completar el circuito. Los pollos en este tipo de circuito representan una serie de resistencias conectadas en paralelo (Bilgili, 1999). Una desventaja comercial de usar el baño de agua para aturdir (dando 50 Hertz de Alternating Current (AC), *por sus siglas en inglés*) es que cuando las corrientes son mayores de 105 mA por pollo y 150 mA por pavo, hay un incremento en la incidencia de hemorragias en la pechuga y en los músculos de las piernas, huesos rotos en la canal y, por lo tanto, la apariencia de la canal se verá desagradable (Gregory y Wilkins, 1989).

Desde el punto de bienestar, la corriente eléctrica mínima que se requiere por ave en el aturdimiento, puede ser determinada usando 3 criterios: 1) inducción de la actividad epiléptica en el cerebro, 2) eliminación de los potenciales evocados somatosensoriales (SEP) en el cerebro y, 3) inducción de un paro cardíaco por aturdimiento. Sin embargo, la Unión Europea recomienda para pollos de engorda una corriente de menos de 120 mA ya que disminuye los defectos en la calidad tales como las hemorragias y huesos rotos (Lambooj *et al.*, 1999). Esto resulta en un conflicto entre la efectividad del aturdimiento y por lo tanto, en su bienestar y los intereses comerciales en la calidad de la canal del pollo. También se sabe del doloroso shock eléctrico previo al aturdimiento cuando un ala toca el agua inadvertidamente. (Sparrey y Kettlewell, 1994).

Existen muchos factores que pueden afectar la eficiencia del aturdimiento y por consecuencia, algunas aves no podrán estar inconscientes, sino por el contrario, podrán recuperar la conciencia cuando se llegue el desangrado (Shields y Raj, 2010). Entre estos

factores está, la variación de la corriente eléctrica causada por la variación del sexo, el tamaño del ave, así como la resistencia individual de las aves (Raj, 1998).

Los sistemas de aturdimiento eléctrico por baño de agua requieren de manipulación adicional, tal como sacar las aves de las jaulas y colgarlas en los grilletes (Shackling, *en inglés*) de las aves vivas previo al aturdimiento. Se sabe que todo este manejo impone un estrés considerable en las aves. (Raj, 1998). Además, colocar las aves de cabeza es una postura fisiológicamente anormal para ellas, lo que les genera miedo y disminuye su bienestar (Shields y Raj, 2010).

6.5.4. Uso de gases

En pollos, la inducción de inconsciencia con gas es rápida y requiere de menos tiempo de exposición. A razón de que las aves están muertas al momento de ser puestas en la línea, el aturdimiento por medio de atmosfera controlada (controlled-atmosphere stunning CAS, *por sus siglas en inglés*) puede dar como resultado una mejoría en la calidad del producto, ya que elimina el riesgo de huesos rotos, hematomas y hemorragias. Se ha reportado que el aturdimiento con mezclas de gases en pollos mejora la calidad de la pechuga en comparación al aturdimiento eléctrico (Raj *et al.*, 1997; Raj, 1998).

6.6. Importancia del desangrado

Aunque muchos investigadores han estudiado el estrés en los animales a través de diferentes métodos, los mecanismos de estrés provocados durante su matanza tienen repercusiones fisiológicas en la homeostasis de las aves que afectan directamente a su bienestar (Olmos-Hernández *et al.*, 2008; Mota-Rojas *et al.*, 2010; Mota-Rojas *et al.*, 2011). Esto es importante ya que el objetivo principal de garantizar el bienestar en los animales es eliminar el miedo y el dolor mientras están vivos, sin embargo, el manejo y proceso de matanza en esta especie implica nuevas experiencias que inevitablemente les causan miedo (Nijdam *et al.*, 2006; Roldan-Santiago *et al.*, 2011).

La importancia que ha tomado el desangrado es cuando la máquina o el operador mantienen consistencia al hacer un corte unilateral en el cuello (cara ventral)

adecuadamente sobre las arterias carótidas y las venas yugulares, incluyendo tráquea y esófago permitiendo la pérdida suficiente y rápida de sangre para matar al ave antes de que entre al escaldador, lo que requiere una vigilancia continua y el ajuste de los equipos (McNeal *et al.*, 2003).

Cuando se utiliza este método, las arterias carótidas que son las principales arterias que suministran sangre al cerebro no se cortan, aumenta en gran medida el riesgo de retornar a la conciencia durante el sangrado si las aves no presentaron el paro cardíaco en el aturridor. No obstante, la inducción de un paro cardíaco, es el método más eficaz para garantizar que la conciencia no volverá (McNeal *et al.*, 2003; Gregory, 1998).

El tiempo óptimo entre el aturdimiento y el corte de cuello se determina por tres factores: en primer lugar, no debería ser tan largo que permita que las aves recobre el conocimiento antes de morir. En segundo lugar, debe ser lo suficientemente largo para permitir que el supervisor para determinar si las aves están aturdidas cuando salen del baño de agua. En tercer lugar, las aves deberán disponer de tiempo suficiente para permitir que el cuello se relaje y continuar con el corte de cuello en la línea automática. En promedio, el tiempo para la relajación del cuello después del finalizar el aturdimiento son 9 s en promedio, pero va a influir si las aves experimentaron un paro cardíaco (Gregory, 1998).

6.7. Bienestar del pollo y calidad de la carne

Las empresas comerciales tienen un margen de procesamiento actualmente de 140 a 180 pollos de engorda por minuto, en algunas ocasiones los pollos son procesados durante su matanza con equipo automatizado o también, de forma manual (McNeal y Fletcher 2003; McNeal *et al.*, 2003). En este sentido, existe una preocupación por el bienestar de las aves de corral durante el período final de su vida, entre la unidad de producción y la planta de procesamiento (Warriss *et al.*, 1990a; Warriss *et al.*, 1990b).

El manejo no sólo debe cumplir con las necesidades básicas de las aves, sino que también debe estar involucrado todo el proceso para lograr un máximo aprovechamiento

del material genético (GMPE, 2008). No obstante, los efectos de estrés causados por estos tratos que incluyen el agotamiento energético, los cambios en el entorno físico y social, el clima, el hacinamiento, las vibraciones durante el transporte o si se aplica incorrectamente el método de aturdimiento (**Savenije, 2002**). El manejo previo al sacrificio como lo es el tiempo de reposo una vez en rastro, toma importancia ya que el ayuno como método para la evacuación de las heces restantes, reduce al mínimo los efectos negativos sobre el peso corporal de la canal (Bilgili, 2002; Warriss *et al.*, 2004 citados por Petracci *et al.*, 2010). Asimismo, durante su la matanza, las corrientes eléctricas en algunas ocasiones han llegado a resultar inespecíficas lo que físicamente puede inmovilizar al ave, pero no previene la manifestación del dolor, la tensión, o la incomodidad del ave (Fletcher, 1993). Esto influye de manera importante sobre la depreciación del valor de la carne, debido a hemorragias, hematomas y huesos rotos, además de una coloración no deseada y una menor capacidad para retener agua (McNeal *et al.*, 2003). Los hematomas y las hemorragias se caracterizan por la presencia de sangre en tejidos y son provocados por traumatismos lo cuales, son desagradables a la vista del consumidor y por ende disminuyen el valor de la carne. La mayoría de éstas lesiones no se detectan en el ave viva sino que se hacen visibles sólo durante las primeras fases del faenado (después del desplumado) (Warris *et al.*, 1993).

Los consumidores exigen que la carne que compran sea de buena calidad. Esta calidad incluye la calidad emotiva y visual en la compra, y la calidad sensorial al preparar y comer la carne. La calidad de la carne depende de los tratamientos antes de la muerte del animal y procesamiento post-mortem de las canales. El metabolismo muscular *antemortem* determina la cantidad de energía almacenada al momento de la muerte, modificando los procesos *postmortem* de origen natural por el tratamiento de la canal y por la tasa de degradación metabólica referidos a aspectos que afectan a los parámetros de la calidad de la carne como el color, la capacidad de retención de agua y la fuerza al corte (Savenije, (2002).

En la actualidad, en México no se paga la calidad de la canal. Lo mismo da vender una canal tipo PSE y DFD, si el pH desciende bruscamente o no, si los animales fueron estresados o se siguieron los procesos de manejo y bienestar como al transporte de la

granja al rastro ya que condicionan la influencia de carne PSE (Simões *et al.*, 2009). El grado de estrés antes y durante el sacrificio del ave ocasiona desajustes en el metabolismo energético, un comportamiento bioquímico anormal del músculo (Fabricio *et al.*, 2008) así como desequilibrio ácido base. Hasta el momento no existen estudios sobre la gasometría sanguínea, desequilibrio ácido-base, perfil metabólico y la correlación de estos indicadores bioquímicos sobre la calidad de la canal caliente y fría del pollo de engorda.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1. EXPERIMENTO 1. Bienestar del pollo de engorda: Factores antemortem.

7.1.1. Desarrollo del experimento

La manipulación de las aves durante todas las etapas valoradas en el experimento se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. El experimento se llevó a cabo de acuerdo con las directrices para el uso ético de los animales de experimentación (Sherwin *et al.*, 2003).

El estudio se llevó a cabo en un rastro particular ubicado en el Estado de México. Se utilizaron un total de 105 pollos de engorda finalizados de la estirpe Ross, de 47 ± 2 d de edad y un peso promedio de 3.2 kg, todos procedentes de la misma granja. Por lo tanto, se realizaron 3 repeticiones par cada condición experimental, con 35 aves en cada repetición haciendo un total de 105 aves muestreadas. Durante el proceso de engorda de todas las aves, éstas fueron alimentadas con una dieta a base de 18% de proteína bruta y 3225 kcal de energía metabolizable. La temperatura ambiente y humedad relativa durante este periodo fue en promedio de 20 ° C y 65%, respectivamente. Al final el período del engorda y un día antes del transporte, se seleccionaron las aves al azar y se identificaron. Todos los pollos seleccionados tenían un período de ayuno de 4 h antes del traslado al matadero. Posteriormente se transportaron y se monitorearon durante el arribo, después del reposo y durante el desangrado. (Esquema 1 y 2).

Las aves fueron capturadas por método de captura manual que consistió en sujetar las alas pegadas al cuerpo del ave en un sólo movimiento. Posteriormente, se colocaron en cajas (jaulas) y se subieron al camión transportador mediante un equipo montacargas. (Esquema 1 y 2).

El transporte de los pollos se realizó durante la noche y fueron trasladados en jaulas de plástico convencionales. La densidad de carga empleada durante el transporte fue de 0.078 m²/ave, lo correspondiente a 7 aves por jaula. La duración total del transporte fue

de 3 h a una velocidad promedio de 75 km/h. Durante este periodo los pollos no recibieron agua ni alimento y al arribo de las aves al rastro las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y luminosidad promedio fueron de 15.5°C, 58 % y 1 lux, respectivamente.

Cuando los pollos arribaron al rastro, fueron alojados y reposados en un corral de espera con disponibilidad de espacio de 7 a 10 aves/m² durante un periodo de 8 h, donde se les proporcionó agua durante todo el tiempo de permanencia en el corral, y alimento *ad libitum* (proteína bruta 12%, y energía metabolizable 3000 kcal) durante las primeras 4 h del total de tiempo de reposo (para facilitar el vaciado gástrico). La temperatura, humedad relativa y luminosidad promedio en el corral de descanso fue de 21.6°C, 55.5 % y 150Lux respectivamente. (Esquema 1 y 2).

Al finalizar el periodo de reposo los pollos fueron trasladados a la zona de matanza implementando el método captura anteriormente descrito. Ahí fueron insensibilizados de forma individual por dislocación cervical según la norma NOM-062-ZOO-1999. El monitoreo climático en el área de matanza indicó una temperatura, humedad relativa y luminosidad promedio de 19.9°C, 67.1 % y 2075 Lux respectivamente.

7.1.2. Etapas de muestreo: Monitoreo sanguíneo perfiles fisiometabólicos.

La identificación de cada uno de los pollos permitió valorar sus condiciones fisiometabólicas mediante el establecimiento de puntos clave previos a la matanza de los pollos, catalogadas como: etapas *antemortem*.

El primer muestreo sanguíneo se realizó 24 h previas del traslado de los pollos al rastro (valores de referencia), en los corrales donde permanecieron alojadas durante todo su proceso de engorda. La muestra sanguínea se obtuvo sujetando al pollo exponiendo la vena radial de una de las alas, utilizando una jeringa con aguja de 22 mm y previamente heparinizada (litium-heparin 1000UI) para impedir la modificación de los valores de gases sanguíneos. El tiempo promedio para la obtención de la muestra sanguínea fue menor a los 10 s por ave, cronometrada desde el momento de sujeción hasta el final del proceso. La temperatura corporal de las aves se midió junto con la primera obtención de la muestra

(ThermoScan Braun, Germany). El segundo periodo de muestreo se realizó inmediatamente después de la llegada de los pollos al rastro (post-transporte) con el fin de valorar sus respuestas al estrés debido a los efectos del transporte. El tercer muestreo sanguíneo se realizó una vez finalizado el periodo de reposo (8h) (Post-reposo). Ambos muestreos sanguíneos siguieron los mismos parámetros de recolección antes mencionados. (Esquema 1 y 2).

El cuarto y último muestreo sanguíneo se obtuvo al momento de la matanza de las aves, el cual se llevó a cabo mediante dislocación cervical por personal entrenado, seguida de la incisión transversal en la vena yugular para iniciar el proceso de desangrado. De cada muestra obtenida se analizó el perfil fisiometabólico que incluyó las siguientes variables críticas sanguíneas: hematocrito (%), glucosa (mg/dL), electrolitos [Na⁺, K⁺ y Ca⁺⁺ (mmol/L)], niveles de lactato (mg/dL) y presión parcial de dióxido de carbono [pCO₂ (mmHg)], oxígeno [pO₂ (mmHg)], total de dióxido de carbono [TCO₂ mmol/L] exceso de base [BE(B) mmol/L], saturación de oxígeno [SO₂c (%)], total de hemoglobina [THbc g/dL]. Todas las muestras fueron analizadas por un analizador automático de gases en sangre y electrolitos (GEM Premier 3000, Instrumentation Laboratory Diagnostics Italy/USA). . (ver Esquema 1).

7.1.3. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados mediante un modelo mixto para pruebas repetidas con el programa estadístico SAS 9.0 (1994). Se realizaron pruebas de normalidad (PROC UNIVARIADO, SAS 9.0), para todas las variables analizadas y para las diferentes etapas ante-mortem planteadas.

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_i + d_{ij} + t_k + (\delta t)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Media general

δ_i = Efecto fijo del i-ésimo tratamiento

d_{ij} = Efecto aleatorio asociado con el j-ésimo pollo en el i-ésimo tratamiento

t_k = Efecto fijo del k-ésimo periodo

$(\delta t)_{ik}$ = Efecto fijo de la interacción del i-ésimo tratamiento con el k-ésimo periodo

ϵ_{ij} = Error aleatorio asociado con el j-ésimo pollo en el i-ésimo tratamiento al k-ésimo muestreo.

Los datos del estudio de las 4 etapas se compararon mediante un análisis de varianza seguido, en su caso, mediante una prueba de Tukey. Para la comparación de los valores de pH de la sangre entre las 4 etapas se realizó una prueba de Kruskal-Wallis.

El lactato, glucosa, hematocrito, electrolitos y gases en sangre se resumieron como medias \pm SD. Dado que los niveles sanguíneos de pH corresponden a las unidades de registro, estos datos se resumieron como medianas (rangos).

Los investigadores que llevaron a cabo la evaluación estadística y obtuvieron los resultados del estudio no conocían los regímenes de tratamiento y no participaron en la selección de los animales.

Esquema 1. Manejo ante-mortem del pollo (transporte, muestreo sanguíneo, reposo y captura).



1. Condiciones ambientales y medio de transporte.



2. Monitoreo de la temperatura corporal, obtención de la muestra sanguínea de la vena radial y procesamiento de las muestras para el análisis del equilibrio ácido-base, perfil mineral y glucémico e intercambio gaseoso).



3. Área de reposo en rastro y método de captura.

7.2. EXPERIMENTO 2. Duración del transporte

El presente estudio fue aprobado por el Subcomité Institucional para el Cuidado de los Animales de Experimentación (SICUAE) de la Maestría y Doctorado en Ciencias de la Salud y Producción Animal de la Universidad nacional Autónoma de México. Asimismo, el estudio fue llevado a cabo de acuerdo con los lineamientos oficiales en México para el bienestar animal (NOM-024-ZOO-1995 y NOM-062-ZOO-1999) que establecen los procedimientos para la producción, uso y cuidado de los animales de experimentación. Finalmente, el estudio también se apegó a los lineamientos para el uso ético de animales en estudios experimentales (Sherwin *et al.* 2003).

7.2.1. Desarrollo del experimento

El estudio se realizó en una granja y rastro ubicados en el Estado de México. Se utilizaron un total de 168 pollos de engorda (broiler) finalizados de la estirpe Ross de 49 días de edad, con un peso promedio de 3 kg de peso vivo. Los pollos fueron seleccionados al azar y asignados a dos grupos experimentales, **T2** (n=84) y **T4** (n=84) los cuales fueron transportados por un periodo de 2 y 4 h respectivamente. Previo a ser transportados, ambos grupos tuvieron un periodo de ayuno de 4 h. La carga de los pollos al camión se realizó de forma manual sujetando una o ambas alas adosadas al cuerpo del ave en un solo tiempo. La densidad de carga fue de 54.72 cm², lo que corresponde a 7 aves por jaula. Para ambos grupos el transporte inició a las 8 am con una velocidad promedio de 75 km/h sin realizar ninguna parada. Durante el viaje, los pollos no recibieron agua ni alimento. Los vehículos empleados para el traslado fueron camiones para transporte de animales de granja tipo torton con plataforma abierta, la cual no contaba con techo ni paredes, sólo con un soporte cerrado que cubría la cabina del chofer, por lo que se implementó una lona de plástico que funcionó como techo para cubrir las jaulas estibadas de los pollos. La plataforma del camión fue de madera con dimensiones de 2.5 m de ancho x 6 de largo.

Durante el transporte de 2 h las condiciones ambientales promedio de temperatura, humedad relativa, luminosidad y velocidad de viento fueron de 21°C, 55 %, 71.6 klux y

5.86 m/s respectivamente; mientras que para el transporte de 4 h fueron de 21°C, 54 %, 52 klux y 6.56 m/s, respectivamente.

Después del viaje y al arribar al rastro, la descarga de las aves se realizó de la misma forma que el proceso de carga. Posteriormente, a la mitad de pollos de cada grupo (n= 42) no se le permitió reposar (SR2=transportados por 2 h y SR4= transportados por 4 h) y pasaron directamente al proceso de matanza; la otra mitad (n= 42) fue alojada en un corral de descanso con una disponibilidad de espacio de 7 a 10 aves/m² durante un periodo de 8 h (CR2= transportados por 2 h y CR4= transportados por 4 h). Durante este periodo, se les proporcionó agua durante 8 h, mientras que el alimento se les proporcionó *ad libitum* (proteína bruta: 18%, y energía metabolizable: 3000 kcal) sólo las primeras 4 h de reposo, esto con la finalidad de facilitar el vaciado gástrico. En el corral de descanso se les proporcionó sobre el suelo una cama de paja con 5 cm de espesor. La temperatura, humedad relativa y luminosidad promedio en el corral de descanso fueron de 21.6°C, 55.5 % y 150 Luxes, respectivamente. (Esquema 1 y 2).

Al finalizar el periodo de descanso, los pollos que reposaron se trasladaron al área de matanza en donde fueron insensibilizados de forma individual mediante dislocación cervical de acuerdo a la norma NOM-062-ZOO-1999. En el área de matanza se mantuvo una temperatura, humedad relativa y luminosidad promedio de 19.9°C, 67.1 % y 2075 Luxes, respectivamente. El monitoreo climático se realizó con un Termo- Anemómetro Electrónico portátil (LV 101 de sonda fija, KIMO Instruments, European) y con un Luxómetro portátil (XL 100, KIMO Instruments, European).

7.2.2. Monitoreo del perfil fisiometabólico.

Los primeros dos muestreos sanguíneos se obtuvieron a las 24 h y 12 antes del transporte de las aves al rastro respectivamente. Estas muestras fueron consideradas como valores de referencia (VR1 y VR2 respectivamente). Posteriormente, los pollos permanecieron en los corrales que normalmente son empleados para el proceso de engorda. El tercer muestreo se realizó inmediatamente después de que los pollos arribaron al rastro con el objetivo de determinar su respuesta al estrés debida al transporte Sin Reposo (SR). La cuarta muestra se obtuvo al final del periodo de reposo

(CR). La quinta y última muestra fueron obtenidas cuando los pollos fueron sacrificados por el método de dislocación cervical por personal capacitado, seguido por una incisión transversal en la vena yugular, momento en el que se obtuvo la muestra.

A continuación se describe la técnica empleada de en los cuatro primeros muestreos sanguíneos:

La sangre se obtuvo sujetando a cada ave exponiendo la vena radial de un ala y usando una jeringa de 22 mm previamente heparinizada (1000 UI de heparina de litio) para prevenir cualquier modificación de los valores sanguíneos. El tiempo requerido para la obtención de cada muestra fue menor a 10 s por ave desde el momento de su sujeción hasta la obtención de la muestra (Voslarova *et al.*, 2008). La temperatura corporal fue tomada al mismo tiempo en el que se realizaba el muestreo sanguíneo (ThermoScan Braun, Germany). El perfil fisiometabólico de cada muestra obtenida fue evaluado mediante el análisis de las siguientes variables críticas sanguíneas: hematocrito (%), glucosa (mg/dL), electrolitos [Na⁺, K⁺ and Ca⁺⁺ (mmol/L)], lactato (mg/dL), presión parcial de bióxido de carbono y oxígeno [pCO₂ (mmHg) y pO₂ (mmHg)], bióxido de carbono total [TCO₂mmol/L], exceso de base [BE (mmol/L)], saturación de oxígeno [SO₂c (%)], hemoglobina total [THbc (g/dL)] y pH. Todas las muestras fueron analizadas empleando un analizador automático de gases sanguíneos (GEM Premier 3000, Instrumentation Laboratory Diagnostics Italy/USA) (Esquema 1 y 2).

La distribución de grupos y tratamientos se muestran en el **cuadro 1**.

Cuadro 1. Tratamientos y tiempos de transporte aplicados a pollos de engorde previamente a su matanza.

| Grupo | Subgrupo | <i>n</i> | Tiempo de transporte (h) | Condición |
|-------|----------|----------|--------------------------|-------------------|
| T2 | VR1 | 42 | 0 | Referencia |
| | SR 2 | 21 | 2 | Sin reposo |
| | CR 2 | 21 | 2 | Con reposo de 8 h |
| T4 | VR2 | 42 | 0 | Referencia |
| | SR 4 | 21 | 4 | Sin reposo |
| | CR 4 | 21 | 4 | Con reposo de 8 h |

T2 y T4 = Transportados por 2 h y Transportados por 4 h. RV1 y RV2 = Valores de referencia obtenidos de los pollos de engorda en la granja 24 y 12 h previo a ser transportados. SR1= Pollos que se sacrificaron inmediatamente después del transporte. SR2= Pollos que descansaron 8 h después del transporte y antes de ser sacrificados.

7.2.3. Análisis estadístico.

Para establecer si hubo algún efecto del tiempo de transporte sobre los metabolitos sanguíneos, se realizó un análisis de varianza para un modelo lineal general con el programa estadístico SAS 9.0 (1994) en el que se consideró a los metabolitos como variables dependientes. Como variables independientes, se consideró a la duración del transporte, el tiempo de reposo, y la etapa de muestreo.

El modelo matemático empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + B_k + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valores observados para cada variable sanguínea

μ = Media general

T_i = Efecto del tiempo de transporte

R_j = Efecto del tiempo de reposo

B_k = Efecto del tiempo de sangrado

E_{ijk} = Error estándar con distribución normal

Cuando se encontró algún efecto significativo, se procedió a realizar una prueba de Tuckey Kramer para la comparación múltiple de medias ($P < 0.05$). Se realizaron pruebas de normalidad (PROC UNIVARIADO, SAS 9.0), para todas las variables analizadas y para las diferentes etapas ante-mortem planteadas.

Esquema 2. Monitoreo climático en instalaciones del rastro y proceso de faenado.



4. Monitoreo ambiental de temperatura y luminosidad en área de matanza y matanza por decapitación



5. Obtención de muestra por exsanguinación (corte de carótidas) y valoración de la insensibilidad



6. Procesamiento de la canal y obtención de muestra de carne (pechuga y pierna) en canal caliente.

7.3. EXPERIMENTO 3. Evaluación de vibraciones y la calidad de la carne.

El presente estudio fue aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE) del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal por la Universidad Nacional Autónoma de México. El desarrollo del estudio fue realizado tomando en cuenta las regulaciones para el cuidado de los animales en México, NOM-062-ZOO-1995 y NOM-051-ZOO-1995 bajo el resguardo del trato humanitario y movilización de animales. El estudio se llevó a cabo en una unidad de producción avícola particular, ubicada geográficamente en el Estado de México. Se utilizaron un total de 56 pollos de engorda finalizados de la estirpe Ross con 49 d de edad y un peso promedio de 3 ± 0.50 kg, todos procedentes de la misma granja.

7.3.1. Desarrollo del experimento

Con la finalidad de evaluar el efecto de la frecuencia de las vibraciones, se utilizó una plataforma vibratoria de movimiento oscilante, con dimensiones de 1 m x 60 cm, con una potencia máxima de 1 caballo de fuerza (HP), rango de frecuencia de 1-20 hertz y amplitud de 1-2 mm. Asimismo, se emplearon jaulas de plástico convencionales 97 x 57 x 27 cm las cuales fueron fijadas en la base de la plataforma vibratoria.

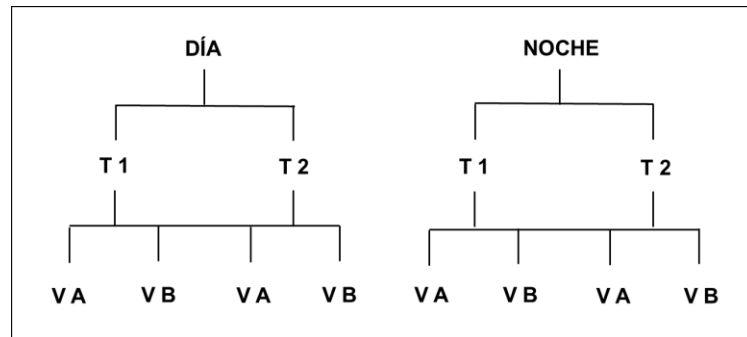


Figura 1. Distribución de dos condiciones ambientales (día y noche, dos tiempo de transporte simulado (T1 y T2) y dos intensidades de vibración, alta y baja (VA y VB).

Dónde:

T1= Transporte simulado corto
T2= Transporte simulado largo
VA= Intensidad vibratoria alta
VB= Intensidad vibratoria baja

Se establecieron dos condiciones ambientales bajo las cuales las aves fueron sometidas a vibración: durante el día (11:00 a 3:30 pm) y durante la noche (11:00 a 3:30 am). Para cada condición ambiental se simularon dos periodos de tiempo de transporte diferentes (T1: 30 min Vs. T2:180 min) en cada periodo de tiempo de transporte simulado las aves fueron sometidas a dos frecuencias de vibración (5 Vs. 10 hertz). Las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa promedio durante el día fueron: 24.7 °C y 37% y por la noche de 9 °C y 68 % respectivamente.

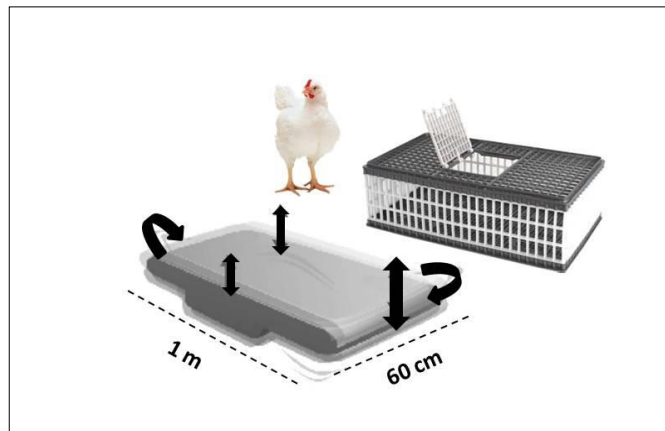


Figura 2. Plataforma vibratoria con jaula de plástico convencional para pollo de engorda.

Las aves recibieron un ayuno de 4 h previo a que fueran introducidas a las jaulas para someterse a vibración. Posteriormente, en cada condición experimental fueron embarcadas 7 aves por jaula con una densidad de carga de 0.078 m². Todas las aves fueron capturadas apoyándose de las alas pegadas a su cuerpo en un solo movimiento.

Inmediatamente después de que las aves fueron embarcadas, cada jaula fue colocada y fijada sobre la plataforma vibratoria. Al finalizar cada periodo de tiempo de

transporte simulado se realizó un muestreo sanguíneo de cada ave para la valoración de todos los indicadores fisiológicos y metabólicos sanguíneos en estudio (Esquema 3).

7.3.2. Muestreo sanguíneo

La muestra sanguínea se obtuvo sujetando al pollo exponiendo la vena radial del ala, e incidiendo con una jeringa con aguja de 22 mm y previamente heparinizada (litium-heparina 1000UI) para impedir la modificación de los valores de gases sanguíneos. El tiempo promedio para la obtención de la muestra sanguínea por ave fue menor a los 10 s, desde el momento de la sujeción hasta el final de la obtención de la muestra y enseguida se valoró la temperatura corporal de cada una (ThermoScan Braun, Germany). El primer muestreo sanguíneo se realizó 24 horas previas del sometimiento de los pollos a la fase vibratoria en la granja de producción donde permanecieron alojadas durante todo su proceso de engorda. El segundo muestreo sanguíneo se realizó inmediatamente después de concluir la fase vibratoria con el fin de valorar la respuesta de estrés por efecto de las vibraciones. Todos los muestreos sanguíneos siguieron los mismos parámetros de recolección antes mencionados. De cada muestra obtenida se analizó el perfil fisiometabólico a través del equipo GEM Premier 3000, Instrumentation Laboratory Diagnostics Italy/USA, previamente descrito (Esquema 1).

Esquema 3. Fase experimental, efecto de las vibraciones y la calidad de la carne



7. Momento de la captura y exposición a las vibraciones controladas sobre la plataforma vibratoria



8. Monitoreo ambiental y efecto de las vibraciones sobre el comportamiento (boqueo)



9. Valoración de peso y canal procesada post-vibraciones

7.3.3. Evaluación de las propiedades físico-químicas de la carne.

Después del proceso de matanza se obtuvieron muestras de carne en laboratorio de músculos de pierna y de pechuga (*pectoralis major*) a las 2 h *postmortem* (sin refrigeración, canal caliente) y a las 24 h *postmortem*, (con refrigeración 4 °C, canal fría). Para evaluar los parámetros de calidad en laboratorio, la canal fue deshuesada manualmente para utilizar el músculo de la pechuga y de la pierna de ambos lados (derecha e izquierda).

Para el análisis de las propiedades fisicoquímicas de la carne se valoró el pH, temperatura (°C), color de la carne y piel (L, a, b), la capacidad de retención de agua y la textura de la carne.

Determinación del pH y temperatura: Después de la matanza, la medición del pH y temperatura se realizó con un medidor de pH para carne (Hanna Instruments/HI 99163 con electrodo de punción) con navaja de acero.

Determinación del color: Se realizó utilizando un colorímetro Hunter Lab (modelo D25-PC-2, Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón). La evaluación del color fue realizada en la superficie del músculo de la pechuga y de la pierna, realizando un corte en éste para hacerlo coincidir con la circunferencia del crisol del equipo y evaluar la reflectancia del color a 0°, 180° y 360°. Las coordenadas obtenidas fueron L, a y b, correspondientes a las siguientes observaciones: negro absoluto a blanco absoluto o luminosidad (L), amarillo a rojo (a) y azul a verde (b).

Capacidad de retención de agua: Se homogeneizaron 3 gr de músculo por muestra (pechuga o pierna) con 5 mL de NaCl (solución 0.6 molar), Baxter S.A. de C.V., México). Luego se centrifugó a 2700 g por 20 min (Dynac®, modelo 0101, EUA). El líquido fue colocado en una probeta graduada para separar el sólido y registrar la cantidad recuperada de la muestra.

Determinación de la textura: Para evaluar la fuerza máxima del corte en secciones del músculo de la pechuga y pierna, se utilizó un equipo de medición de textura (TAX.T2

Texture Technologies, Corp., Nueva York, EUA) acoplado al software Texture Expert v 1.2 (Stable Micro Systems, Ltd, Surrey, Reino Unido). En cada una de las canales se realizó un corte del músculo, las dimensiones de la muestra fueron: 10 mm de ancho X 50mm largo X 3 mm de espesor. Las propiedades mecánicas de la carne fueron evaluadas con una navaja de corte tipo Warner Bratzler, a una velocidad de 5 mm / s, con una fuerza de corte de 0.981 N y a una distancia de 20 mm de la muestra. La cuchilla fue aplicada perpendicularmente a las fibras longitudinales y el pico de fuerza fue determinado por la máxima fuerza durante el corte, con un promedio de 5 repeticiones.

7.3.4. Distribución de los grupos

Las aves fueron sometidas a dos condiciones experimentales: pollos vibrados durante el día y pollos vibrados durante la noche.

Los 56 pollos empleados se dividieron en 10 grupos (G_1 , G_2 , G_3 , G_5 , G_6 , G_7 , G_8 , G_9) los cuales fueron sometidos a tratamiento a excepción del grupo 1 debido a que éste se consideró como grupo de referencia de día (G_{1d}) y también para los de noche (G_{1n}), por lo que los grupos quedaron de la siguiente manera: El grupo 1d (G_{1d}), fue considerado como grupo de referencia de los pollos sometidos a las vibraciones durante el día y el grupo 1n (G_{1n}) de los pollos sometidos a las vibraciones durante la noche. Los grupos G_2 , G_3 , G_4 y G_5 ; fueron sometidos al experimento durante el día.

El grupo 2, se sometió a vibración con una duración de 30 min a una intensidad baja. El grupo 3, tuvo una duración de 30 min a una intensidad alta. El grupo 4, tuvo una duración de 3 h a una intensidad baja; y el grupo 4, tuvo una duración de 3 h a una intensidad alta.

En cuanto los grupos 6 (G_6), 7 (G_7), 8 (G_8) y 9 (G_9); se realizaron bajo condiciones ambientales de la noche. El grupo 6, tuvo una duración de 30 minutos a una intensidad vibratoria baja. El grupo 7, tuvo una duración de 30 minutos a una intensidad alta. El grupo 8, tuvo una duración de 3 h a una intensidad baja y el grupo 9, tuvo una duración de 3 h a una intensidad alta.

Esquema 4. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la carne de pollo por efecto de la intensidad de las vibraciones controladas.



7.3.5. Análisis estadístico

Se realizaron pruebas de normalidad (PROC, JMP 8.0 SAS) para todas las variables evaluadas, tiempos de vibración y frecuencia de vibraciones. Las variables que no siguieron una distribución normal fueron ajustadas con LOG NORMAL. Los resultados fueron analizados mediante un modelo mixto para pruebas repetidas con el programa estadístico JMP 8.0 SAS.

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \delta_i + d_{ij} + t_k + (\delta t)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Media general

δ_i = Efecto fijo del i-ésimo tratamiento

d_{ij} = Efecto aleatorio asociado con el j-ésimo pollo en el i-ésimo tratamiento

t_k = Efecto fijo del k-ésimo periodo

$(\delta t)_{ik}$ = Efecto fijo de la interacción del i-ésimo tratamiento con el k-ésimo periodo

ϵ_{ij} = Error aleatorio asociado con el j-ésimo pollo en el i-ésimo tratamiento al k-ésimo muestreo.

La variable pH cuya medición se basa en logaritmos fue analizada a través de una prueba de Kruskal-Wallis.

VIII. RESULTADOS

8.1. EXPERIMENTO 1. Bienestar del pollo de engorda: Factores *antemortem*

8.1.1. Intercambio gaseoso

En la Figura 4 se presentan los resultados del intercambio gaseoso en los diferentes periodos evaluados. Las concentraciones sanguíneas de pO_2 y pCO_2 disminuyeron significativamente en los periodos post-transporte y post-reposo respectivamente, con respecto a los valores de referencia ($P < 0.05$), sin observarse diferencias con los demás periodos de muestreo.

Los valores de SO_2 (cuadro 2), disminuyeron 16.66 % aproximadamente al momento del arribo al rastro con respecto a los valores de referencia ($P < 0.05$), manteniéndose sin cambios hasta el momento del exsanguinado. Por otro lado, los valores de TCO_2 disminuyeron (12.42 %) e incrementaron (4.5 %) significativamente ($P < 0.05$) durante el post-reposo y al exsanguinado, respectivamente, en comparación con los valores de referencia.

8.1.2. Metabolismo energético y equilibrio ácido-base

Las concentraciones de glucosa (Figura 6) incrementaron significativamente ($P < 0.05$) después del post-transporte en comparación a los valores de referencia. Sin embargo, después del periodo de reposo las concentraciones de glucosa disminuyeron con respecto a las observadas durante el post-transporte ($P < 0.05$), alcanzando valores incluso menores a los de referencia. Posteriormente, durante el exsanguinado se alcanzaron valores similares a los de referencia y los del post-transporte. Con respecto a las concentraciones de lactato, éstas se mantuvieron sin cambios hasta antes del exsanguinado, periodo en el que disminuyeron significativamente ($P < 0.05$) con respecto a las tres etapas previas. No obstante, las concentraciones de pH (cuadro 2) no sufrieron modificaciones en ninguna de las etapas evaluadas. En ambos indicadores BE_{ecf} y BE (B), los valores disminuyeron significativamente ($P < 0.05$) después del periodo post-reposo con relación a los valores de referencia. No obstante durante el exsanguinado, en

ambos indicadores se presentó un incremento significativo ($P < 0.05$) en comparación a las tres valoraciones previas.

En cuanto a las concentraciones de THbc (cuadro 2), se presentó un descenso ($P < 0.05$) de 0.85 g/dL durante el post-reposo en comparación con los valores de referencia. Sin embargo, durante el exsanguinado se observó un segundo descenso, alcanzando concentraciones 11.3 % y 20.16 % menores con respecto a los valores post-reposo y a los valores de referencia ($P < 0.05$).

8.1.3. Equilibrio hídrico y mineral

En las figuras 4 y 5, se observa el comportamiento de los electrolitos durante las 4 fases experimentales evaluadas. Las concentraciones de K^+ alcanzaron las mayores concentraciones ($P < 0.05$) durante el post-transporte y el exsanguinado con respecto a los valores de referencia y a los del post-reposo. En contraste, durante estas dos últimas etapas, las concentraciones de Na^+ alcanzaron las mayores concentraciones ($P < 0.05$). Las concentraciones de Ca^{++} disminuyeron de manera significativa ($P < 0.05$) durante el post-reposo en comparación a las dos etapas previas. Posteriormente, durante el exsanguinado las concentraciones alcanzaron valores 18.75 % superiores a los del post-reposo. Finalmente, el porcentaje de Htc (figura 5) presentó una disminución significativa a partir del post-reposo, alcanzando valores durante el exsanguinado de 19.7 % y 13.12 % menores con respecto a los valores de referencia y del post-reposo.

Cuadro 2. Media \pm Error estándar de las variables críticas sanguíneas en pollo de engorda para las concentraciones sobre las concentraciones de oxígeno y equilibrio-ácido base en diferentes etapas antemortem.

| Variables | Valores de referencia | Post-transporte | Post-reposo | Exsanguinado |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | n= 29 | n= 28 | n= 24 | n= 13 |
| | Media \pm EE | Media \pm EE | Media \pm EE | Media \pm EE |
| pH* | 7.39 \pm 0.01 ^a | 7.38 \pm 0.01 ^a | 7.41 \pm 0.01 ^a | 7.42 \pm 0.03 ^a |
| TCO ₂ (mmol/L) | 27.68 \pm 0.40 ^a | 27.59 \pm 0.41 ^a | 24.20 \pm 0.59 ^b | 28.93 \pm 0.55 ^c |
| BEecf(mmol/L) | 1.14 \pm 0.48 ^a | 1.11 \pm 0.49 ^a | -1.49 \pm 0.73 ^b | 3.21 \pm 6.98 ^c |
| BE (B) (mmol/L) | 0.69 \pm 0.32 ^a | 0.85 \pm 0.45 ^a | -1.25 \pm 0.69 ^b | 2.97 \pm 0.93 ^c |
| SO ₂ c (%) | 72.34 \pm 3.21 ^a | 59.57 \pm 3.85 ^b | 66.25 \pm 4.27 ^{ab} | 72 \pm 5.01 ^{ab} |
| THbc (g/dL) | 10.22 \pm 0.20 ^a | 10 \pm 0.24 ^{ab} | 9.38 \pm 0.18 ^b | 8.16 \pm 0.46 ^c |

a, b, c, Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, Tukey ($P < 0.05$); * Análisis con pruebas de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$); n, número de pollos muestreados; EE, Error Estándar.

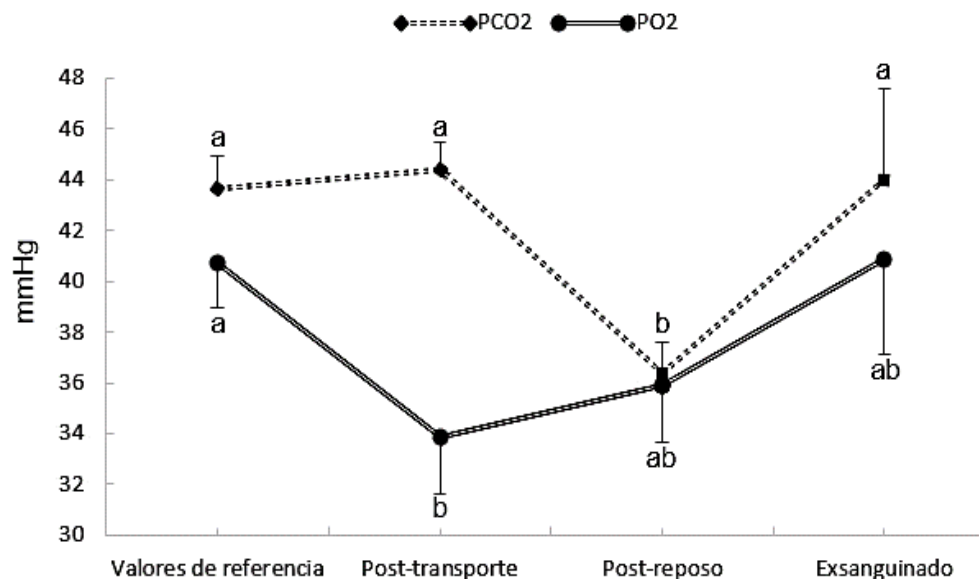


Figura 3. Evaluación del intercambio gaseoso en pollo de engorda en respuesta (valores de referencia), al arribo al rastro (post-transporte), post-reposo y durante el periodo de exsanguinado. n=105. ^{a, b, c}. Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas. Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

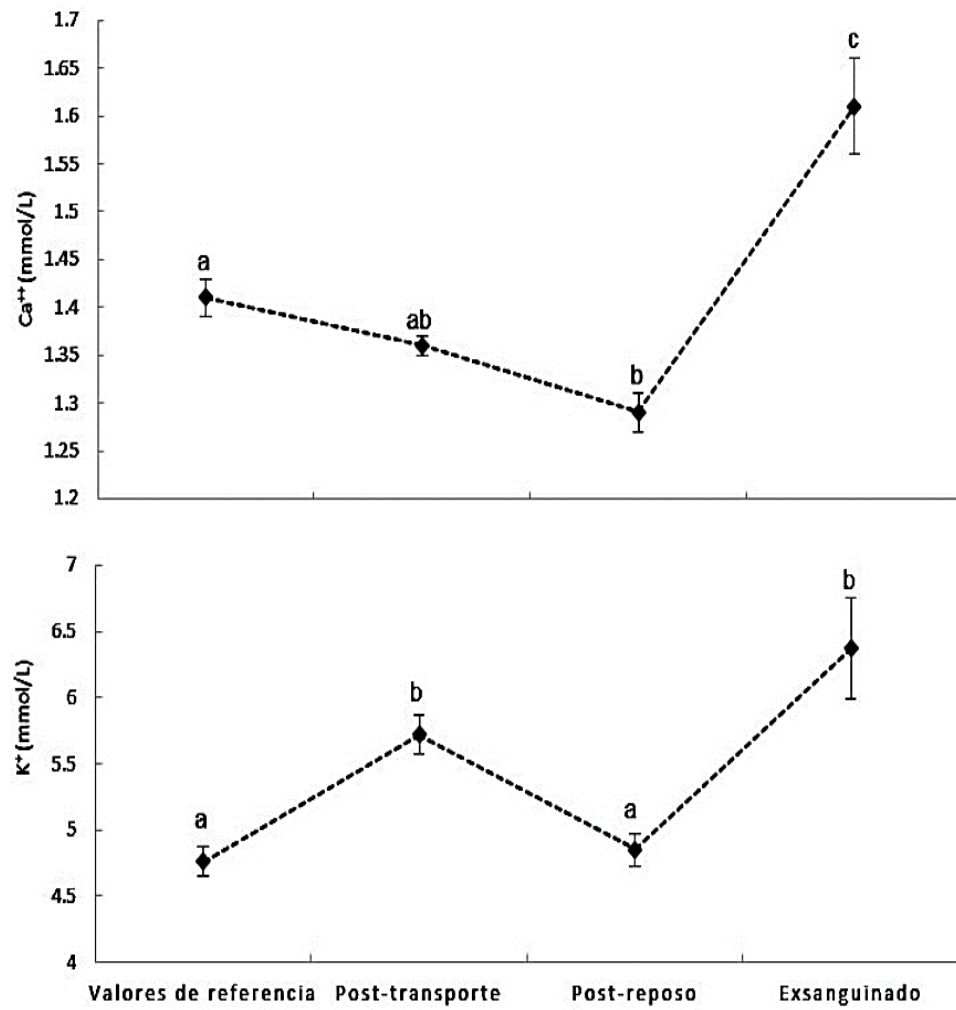


Figura 4. Valoración de los niveles de k^+ , Ca^{++} en pollo de engorda previo al transporte (Valores de Referencia), a la llegada al rastro, post-reposo y a la exsanguinación (n=105). a, b, c. Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas. Prueba de Tukey (p<0.05).

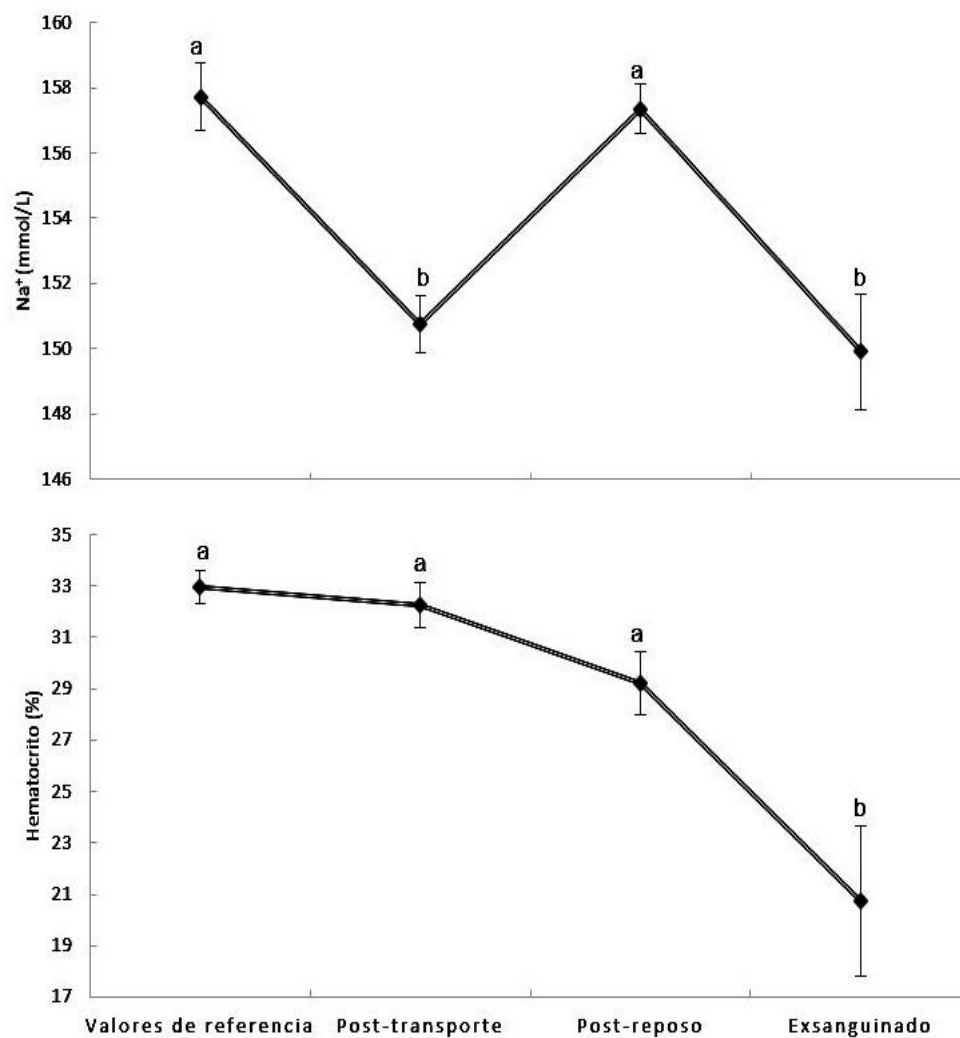


Figura 5. Niveles de Na⁺ y hematocrito en pollo de engorda previo al transporte (Valores de Referencia), a la llegada al rastro, post-reposo y a la exsanguinación (n=105). ^{a, b, c.} Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas. Prueba de Tukey (p<0.05). K⁺ (mmol/L)

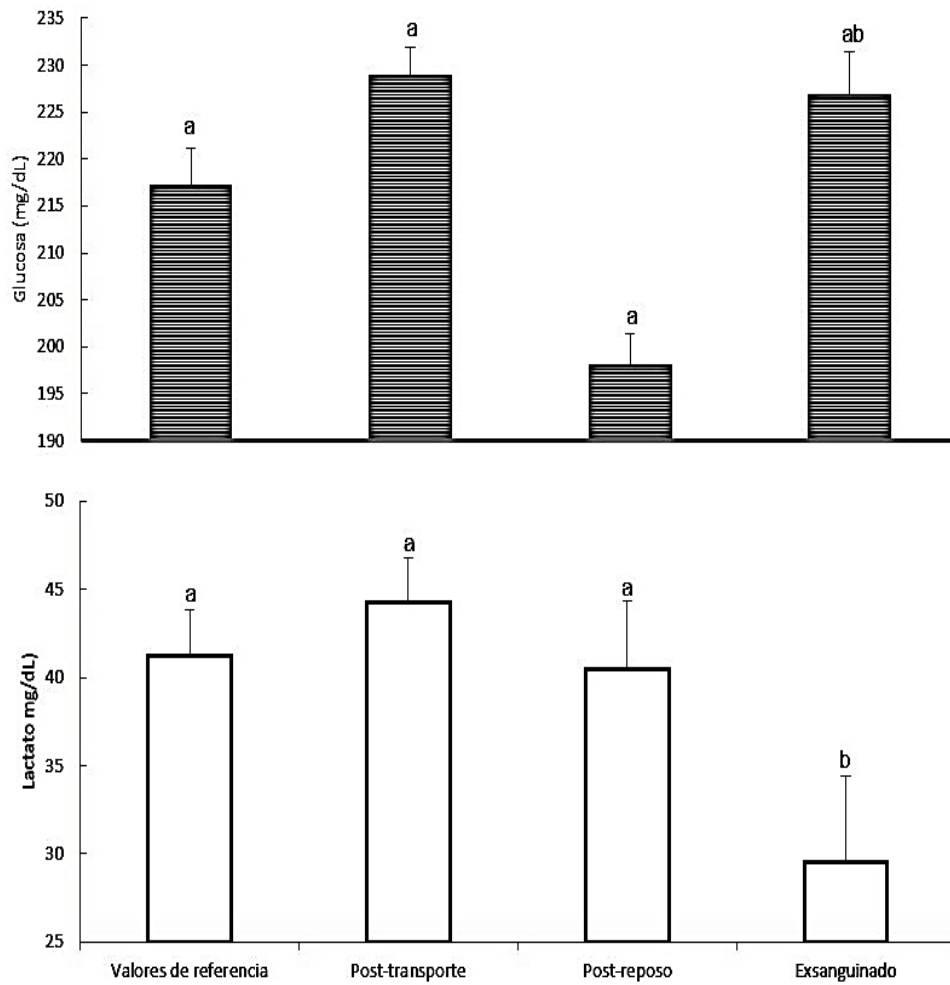


Figura 6. Comportamiento del metabolismo energético y equilibrio ácido-base balance en pollo de engorda *antemortem* (valores de referencia), post-transporte, post-reposo y a la exsanguinación. (n=105). a, b, c, Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas. Prueba de Tukey (P<0.05).

8.2. EXPERIMENTO 2. Duración del transporte

En el cuadro 3 se muestran los resultados de los cambios del metabolismo energético, equilibrio ácido-base y balance mineral en los dos diferentes periodos de transporte y matanza en el rastro (2 y 4 h) en pollos.

Los valores de referencia fueron similares a las 24 y 12 h en todas las variables evaluadas. En el cuadro 4 se presentan los resultados del intercambio gaseoso sanguíneo de los dos grupos transportados durante 2 y 4 h monitoreados en distintas etapas *premortem*. Con relación a las variables PCO_2 y PO_2 , ambas disminuyeron después del transporte en todos los grupos de T2 y T4 con respecto a RV1 y RV2 ($P<0.05$). Sin embargo, en el caso de los niveles de PO_2 la mayor disminución se presentó en el grupo SR2 ($P<0.05$), mientras que para la PCO_2 no se encontraron diferencias significativas. Durante el desangrado, la PCO_2 disminuyó en los grupos que recibieron reposo (T2 y T4) con respecto a la PCO_2 después del transporte ($P<0.05$), mientras que en ninguno de los grupos sin reposo se apreciaron cambios significativos.

8.2.1. Temperatura, metabolismo energético y equilibrio ácido-base

Después del transporte y al arribar los pollos al rastro, las concentraciones de glucosa (cuadro 3) se mantuvieron sin cambios con respecto a los valores RV1 y RV2 en los grupos SR2 y SR4. Sin embargo, los valores de SR4 fueron superiores a los de SR2 ($P<0.05$). En contraste, los valores de CR2 y CR4 en este periodo disminuyeron con respecto a RV1 y RV2 ($P<0.05$). Posteriormente el índice glucémico del grupo SR2 y SR4 disminuyeron al momento del desangrado ($P<0.05$), mientras que en CR2 y CR4 no se presentaron cambios. Sin embargo, la glucemia fue similar entre los grupos SR2 y CR2 en este periodo, mientras que la glucemia de CR4 fue mayor que SR4.

Por otra parte, después del transporte la temperatura de todos los grupos T2 y T4 disminuyó comparado a RV1 y RV2, sin embargo, entre grupos los valores fueron similares ($P<0.05$). De manera análoga, durante el desangrado la temperatura de todos los grupos de T2 y T4 disminuyeron con respecto a la temperatura post-transporte

($P < 0.05$). Sin embargo, la temperatura más baja se encontró en los grupos con y sin reposo de transportados por 4 horas.

Las concentraciones de lactato al arribo al rastro en los grupos SR_2 y CR_2 , y SR_4 y CR_4 fueron similares entre grupos, sin embargo, el lactato de los cuatro grupos fue superior a RV_1 y RV_2 ($P < 0.05$). Durante el desangrado, el lactato incrementó en el grupo SR_2 en comparación a los valores al arribo ($P < 0.05$). En contraste, el reposo de 8 h después del arribo, permitió una disminución de lactato en el grupo CR_2 de aproximadamente 38.41% al momento del desangrado ($P < 0.05$). Con respecto a los pollos transportados por T_4 , la hiperlactatemia observada en SR_4 al arribo al rastro, se mantuvo sin cambios hasta el momento del desangrado. Mientras que de manera coincidente a lo observado en el grupo CR_2 , en el grupo CR_4 también se presentó una disminución del lactato sanguíneo de casi 38.5%. Al momento del desangrado ($P < 0.05$). De esta forma, el lactato durante el desangrado entre SR_2 y CR_4 alcanzó las mismas concentraciones en ambos grupos.

En el cuadro 4, el pH en todos los grupos de T_2 y T_4 con y sin reposo fue similar después del transporte, sin embargo, en todos ellos el pH disminuyó ($P < 0.05$) con respecto a RV_1 y RV_2 . Ya durante el desangrado, el pH de los grupos con reposo de T_2 y T_4 (CR_2 y CR_4) incrementó con respecto al pH encontrado después del transporte y de RV_1 y RV_2 ($P < 0.05$). Sin embargo, en el grupos SR_2 en este mismo periodo los niveles de pH no presentaron cambios durante el desangrado ($P < 0.05$). Mientras que en el grupo SR_4 el pH disminuyó en comparación con los valores después del transporte y de RV_1 y RV_2 ($P < 0.05$).

El tiempo de transporte no afectó los valores de BE (cuadro 4) en ninguno de los grupos de T_2 y T_4 , entre los que no se apreciaron diferencias significativas. Posteriormente, durante el periodo de desangrado los grupos CR_4 y CR_2 incrementaron sus niveles de BE ($P < 0.05$) alcanzando valores similares a RV_1 y RV_2 . En tanto que el grupo SR_2 en este periodo mantuvo niveles similares a los encontrados en el post-transporte, mientras que el grupo SR_4 presentó un incremento de BE durante el desangrado con respecto a los valores del post-transporte. No obstante, este incremento fue menor y no alcanzó los valores del grupo CR_4 (2.52 vs 5.39)

8.2.2. Equilibrio hídrico y mineral

Inmediatamente después del transporte, los niveles de sodio (cuadro 3) incrementaron ($P < 0.05$) de igual forma en T_2 y T_4 con respecto a RV_1 y RV_2 (16 %). Al comparar los grupos a los que se les proporcionó reposo se observó que los niveles de sodio del grupo CR_4 fueron superiores a los de CR_2 ($P < 0.05$). Con respecto a los niveles de potasio, estos se mantuvieron sin cambios entre RV_1 y RV_2 con respecto a los valores al arribo al rastro en todos los grupos de T_2 y T_4 . Posteriormente durante el desangrado, en T_2 sólo en el grupo CR_2 el potasio disminuyó con respecto a los valores al arribo al rastro ($P < 0.05$), mientras que en el grupo SR_2 no se presentaron cambios. Para el caso de T_4 , en los grupos SR_4 y CR_4 se encontró una disminución y aumento de potasio respectivamente, en comparación a los niveles inmediatos después del transporte ($P < 0.05$). Al final, los valores de potasio durante el desangrado fueron mayores en SR_2 vs SR_4 ($P < 0.05$), en tanto que entre CR_2 y CR_4 no se encontraron diferencias.

Inmediatamente después del transporte, los niveles de calcio incrementaron 82% aproximadamente en los pollos del grupo CR_2 respecto a RV_1 y RV_2 ($P < 0.05$), y estos valores fueron a su vez 57% superiores a los niveles del grupo CR_4 (cuadro 3). En tanto que los valores del grupo SR_2 y SR_4 no presentaron cambios con respecto a RV_1 y RV_2 . En estos grupos estos valores permanecieron sin cambios durante el desangrado. Sin embargo, en el grupo SR_4 se observó un incremento del 11% y del 38% con respecto a los valores obtenidos después del transporte y de RV_1 y RV_2 respectivamente ($P < 0.05$). Al final, los niveles de calcio del grupo SR_4 fueron superiores a los de SR_2 durante el desangrado ($P < 0.05$). Mientras que entre los grupos CR_4 y CR_2 no hubo diferencias.

Por otro lado, en el cuadro 3 se observas que independientemente del tiempo de transporte (2 o 4 h), el hematocrito incrementó entre 21% y 32% en todos los grupos experimentales ($P < 0.05$), sin encontrarse diferencias significativas entre ellos. Durante el desangrado, de los grupos que recibieron reposo, el HTC del grupo CR_4 disminuyó ($P < 0.05$), mientras que el del grupo CR_2 no presentó diferencias con respecto a los valores post-transporte. En tanto que en los grupos que no recibieron reposo de T_2 y T_4 hubo un nuevo incremento en el HTC durante el desangrado (entre 13% y 16%) con respecto a los valores post-transporte.

Cuadro 3. Media \pm error estándar (EE) de las variables críticas sanguíneas en pollo de engorda del metabolismo energético, desequilibrio ácido-base y mineral sobre dos diferentes periodos de transporte (2 y 4 h) y etapas *antemortem*.

| | Transporte 2h | | | | | Transporte 4h | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | VR1 | Post-tran SR2 | Post-tran CR2 | Des SR2 | Des CR2 | VR2 | Post-tran SR4 | Post-tran CR4 | Des SR4 | Des CR4 |
| Tem (°C) | 40.5 \pm 0.07 ^a | 39.65 \pm 0.13 ^b | 39.65 \pm 0.11 ^b | 38.97 \pm 0.11 ^c | 38.97 \pm 0.11 ^c | 40.5 \pm 0.07 ^a | 39.56 \pm 0.12 ^b | 39.61 \pm 0.13 ^b | 38.15 \pm 0.11 ^d | 38.12 \pm 0.11 ^d |
| pH | 7.47 \pm 0.01 ^b | 7.39 \pm 0.02 ^{cd} | 7.42 \pm 0.01 ^c | 7.41 \pm 0.01 ^c | 7.54 \pm 0.01 ^a | 7.47 \pm 0.01 ^b | 7.40 \pm 0.01 ^c | 7.40 \pm 0.01 ^c | 7.35 \pm 0.01 ^d | 7.54 \pm 0.01 ^a |
| Na ⁺ (mmol/L) | 132.24 \pm 1.18 ^e | 153.98 \pm 2.09 ^{ab} | 149.39 \pm 1.78 ^{bd} | 151.04 \pm 1.69 ^{abd} | 142 \pm 1.78 ^c | 134.05 \pm 1.16 ^e | 155.79 \pm 1.89 ^a | 154.47 \pm 2.09 ^{ab} | 154.83 \pm 1.64 ^a | 146.34 \pm 1.83 ^{cd} |
| K ⁺ (mmol/L) | 5.09 \pm 0.09 ^{bd} | 4.99 \pm 0.16 ^{bcd} | 4.92 \pm 0.14 ^{de} | 4.68 \pm 0.13 ^{ce} | 6.11 \pm 0.14 ^a | 5.05 \pm 0.09 ^{bd} | 5.34 \pm 0.15 ^b | 5.31 \pm 0.16 ^{bd} | 4.08 \pm 0.13 ^f | 6.13 \pm 0.14 ^a |
| Ca ⁺⁺ (mmol/L) | 1.06 \pm 0.13 ^b | 1.25 \pm 0.24 ^b | 1.93 \pm 0.20 ^a | 1.22 \pm 0.20 ^b | 1.38 \pm 0.20 ^{ab} | 1.07 \pm 0.13 ^b | 1.33 \pm 0.21 ^b | 1.23 \pm 0.24 ^b | 1.47 \pm 0.19 ^a | 1.37 \pm 0.20 ^a |
| Gluc (mmol/L) | 13.15 \pm 0.18 ^a | 12.58 \pm 0.32 ^{ab} | 12.31 \pm 0.27 ^b | 11.40 \pm 0.25 ^c | 12.53 \pm 0.27 ^{bd} | 13.31 \pm 0.18 ^a | 13.30 \pm 0.29 ^a | 11.94 \pm 0.32 ^{bc} | 10.38 \pm 0.25 ^e | 12.19 \pm 0.27 ^b |
| Lac (mmol/L) | 2.01 \pm 0.11 ^c | 2.99 \pm 0.20 ^b | 2.58 \pm 0.17 ^b | 3.54 \pm 0.16 ^a | 1.36 \pm 0.17 ^d | 1.96 \pm 0.11 ^c | 2.82 \pm 0.19 ^b | 2.57 \pm 0.20 ^b | 3.53 \pm 0.16 ^a | 1.36 \pm 0.17 ^d |
| Hemat (%) | 24.54 \pm 0.51 ^e | 32.05 \pm 0.91 ^b | 29.72 \pm 0.78 ^{bc} | 37.24 \pm 0.72 ^a | 27.72 \pm 0.83 ^{cd} | 23.87 \pm 0.53 ^e | 32.14 \pm 0.91 ^b | 32.38 \pm 0.91 ^b | 35.93 \pm 0.76 ^a | 26.63 \pm 0.78 ^d |

a, b, c, d, e, f, Literales diferentes en la misma fila indican diferencias significativas. Prueba de Tukey (p<0.05).

VR1= Valores de referencia del transporte de 2 h.

VR2= Valores de referencia, transporte de 4

Post-tran= post-transporte

Des= Desangrado

SR 2=sin reposo (2 h de transporte)

CR 2= con reposo (2 h reposo)

Gluc= Glucosa, Lac= Lactato, Hemat= Hematocrito

Cuadro 4. Media \pm error estándar (EE) de las variables críticas sanguíneas en pollo de engorda de las concentraciones de oxígeno y niveles de base en dos diferentes periodos de transporte (2 y 4 h) y etapas *antemortem*.

| | Transporte 2h | | | | | Transporte 4h | | | | |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|---|
| | VR1 | Post-tra SR2 | Post-tra CR 2 | Des SR2 | Des CR 2 | VR2 | Post-tra SR4 | Post-tra CR4 | Des SR4 | Des CR4 |
| PCO2 (mmHg) | 57.83 \pm 1.31 ^a | 42.9 \pm 2.33 ^{bc} | 40.61 \pm 1.98 ^{bc} | 43.04 \pm 1.84 ^b | 32.32 \pm 1.98 ^d | 57.83 \pm 1.30 _a | 41 \pm 2.10 ^{bc} | 41.61 \pm 2.33 ^{bc} | 37.09 \pm 1.84 _c | 32.27 \pm 1.98 ^d |
| PO2 (mmHg) | 56.42 \pm 1.17 ^a | 37.22 \pm 2.10 ^{cde} | 40.82 \pm 1.65 ^{bc} | 38.68 \pm 1.65 ^{cd} | 45.01 \pm 1.79 ^b | 56.30 \pm 1.17 _a | 34.90 \pm 1.89 ^{de} | 35.83 \pm 2.10 ^{cde} | 33.47 \pm 1.65 _e | 44.95 \pm 1.79 ^b |
| TCO2 (mmol/L) | 30.08 \pm 0.74 ^{ab} | 27.24 \pm 1.33 ^{ac} | 27.60 \pm 1.13 ^{ac} | 28.12 \pm 1.05 ^{abc} | 28.95 \pm 1.13 ^{abc} | 30.43 \pm 0.75 _b | 27.05 \pm 1.20 ^c | 27.11 \pm 1.33 ^{ac} | 30.32 \pm 1.05 _a | 29.06 \pm 1.13 ^{ab} _c |
| BE ecf (mmol/L) | 4.22 \pm 0.80 ^{ab} | 1.13 \pm 1.43 ^{bc} | 2.00 \pm 1.22 ^{bc} | 2.12 \pm 1.13 ^{bc} | 5.55 \pm 1.22 ^a | 4.95 \pm 0.80 ^a | 1.04 \pm 1.29 ^c | 1.07 \pm 1.43 ^{bc} | 3.65 \pm 1.13 ^a _b | 5.59 \pm 1.22 ^a |
| BE (B) (mmol/L) | 4.22 \pm 0.55 ^a | 0.77 \pm 0.98 ^b | 2.00 \pm 0.86 ^b | 0.86 \pm 0.78 ^b | 5.53 \pm 0.84 ^a | 4.66 \pm 0.56 ^a | 1.01 \pm 0.89 ^b | 0.92 \pm 0.99 ^b | - 2.52 \pm 0.78 ^c | 5.39 \pm 0.84 ^a |
| SO2 (%) | 58.23 \pm 2.21 ^{cd} | 68.40 \pm 3.98 ^b | 73.67 \pm 3.38 ^b | 69.58 \pm 3.13 ^b | 85.93 \pm 3.38 ^a | 56.44 \pm 2.27 _d | 65.24 \pm 3.59 ^{bc} | 65.04 \pm 3.98 ^{bcd} | 71.65 \pm 3.13 _b | 85.85 \pm 3.38 ^a |
| THb (g/dL) | 9.93 \pm 0.14 ^a | 9.95 \pm 0.25 ^{ab} | 9.23 \pm 0.21 ^c | 9.37 \pm 0.20 ^{bc} | 8.59 \pm 0.22 ^d | 9.83 \pm 0.14 ^a | 9.94 \pm 0.25 ^a | 10.01 \pm 0.25 ^a | 9.25 \pm 0.20 ^c | 8.23 \pm 0.21 ^d |

a, b, c, d, e, f, Literales diferentes en la misma fila indican diferencias significativas. Prueba de Tukey (p<0.05).

VR1= Valores de referencia del transporte de 2 h.

VR2= Valores de referencia, transporte de 4

Post-tra= post-transporte

Des= Desangrado

SR 2=sin reposo (2 h de transporte)

CR 2= con reposo (2 h reposo)

8.3. EXPERIMENTO 3. Valoración del efecto vibratorio en la calidad de la carne

8.3.1. Valoración de del perfil fisiometabólico

Los resultados obtenidos de la valoración sanguínea por efecto de las vibraciones controladas durante el día se muestran en el cuadro 5 y los de noche se muestran en el cuadro 6.

Las aves presentaron modificaciones en todos los indicadores fisiológicos y metabólicos evaluados independientemente del periodo de tiempo e intensidad de las vibraciones. No obstante, durante el día (cuadro 5) los valores sanguíneos fueron superiores en comparación con los valores de referencia sin importar la frecuencia de las vibraciones ($P < 0.05$). Mientras que en la noche (cuadro 6), las aves vibradas a 5 hertz durante 30 min fueron las más afectadas fisiológicamente ($P < 0.0001$).

Se observó un incremento ($P < 0.05$) del pH sanguíneo en los pollos de T₁ que fueron sometidos a vibraciones altas (VA) (7.50 ± 0.01) durante el día, con respecto a sus valores de referencia (7.41 ± 0.01). Por el contrario, durante la noche, el pH sanguíneo disminuyó ($P = 0.0008$) en los pollos de T₂ que fueron sometidos a vibraciones bajas (VB) (7.33 ± 0.03) y VA (7.35 ± 0.02) comparados con los valores de referencia (R) (7.46 ± 0.02).

La pCO₂ disminuyó ($P < 0.0001$) en ambos tiempos de transporte simulados, en promedio 29.66 mmHg con respecto a R (45.2 ± 2.59 mmHg) durante el día y en promedio 39.27 mmHg con respecto a R (48.8 ± 0.87 mmHg) durante la noche independientemente de la intensidad de vibración.

Durante el día la pO₂ incrementó ($P = 0.0013$) en los pollos de T₁ que fueron sometidos a VB (43.60 ± 1.51 mmHg) y VA (42.50 ± 3.41 mmHg) con respecto a R (31.1 ± 2.98 mmHg). No obstante, por efecto del tiempo de transporte, la pO₂ disminuyó en los pollos de T₂ (VB: 31.71 ± 3.00 y VA: 33.90 ± 1.60 mmHg) comparados con los pollos de T₁ (VB: 43.60 ± 1.51 y VA: 42.50 ± 3.41 mmHg) respectivamente. Durante la noche, la

pO₂ disminuyó (P=0.0015) en los pollos de T₁ (31.8±1.51 mmHg) y T₂ (34.33±2.77 mmHg) que fueron vibrados a una intensidad baja comparados con los de R (49.6±3.71 mmHg).

Durante el día, por efecto del tiempo de transporte, el nivel de Na⁺ incrementó en los pollos de T₂ (158.4±1.63 mmol/L) comparados con T₁ (150.9±1.16 mmol/L) bajo VB. En la noche, los niveles de Na⁺ incrementaron (P<0.0001) en promedio 155.62 mmol/L en ambos tiempos de transporte comparados con los valores de referencia (130.4±2.32 mmol/L) independientemente de la intensidad de la vibración.

Durante la noche, los valores de K⁺ incrementaron en los pollos de T₂ que fueron sometidos a vibraciones bajas (VB) (5.33±0.23 mmol/L) comparados con los pollos de T₁ sometidos a VA (4.58±0.14 mmol/L). Dentro de esta misma condición (noche), los niveles de Ca⁺ disminuyeron en los pollos de T₂ (1.20±0.05 mmol/L) en comparación con los de T₁ (1.36±0.01 mmol/L) cuando fueron sometidos a vibraciones altas (VA). Sin embargo, bajo condiciones de día, los pollos no mostraron diferencias (P=0.1360) por efecto de tiempo de transporte e intensidad de las vibraciones en los valores de K⁺ y Ca⁺⁺ con respecto a sus valores de R.

Durante el día, los niveles de glucosa sanguínea no tuvieron modificaciones por efecto del tiempo de transporte, ni por la intensidad de las vibraciones (P=0.2677). No obstante, durante la noche, se observó un incremento de los niveles de glucosa sanguínea promedio de 205.98 mg/dL en los pollos de ambas intensidades de vibraciones y tiempos de transporte con respecto a R (150.5±11.83 mg/dL).

En el día, se apreció un incremento (P<0.0001) del lactato sanguíneo en los pollos que fueron vibrados a intensidades bajas (T₁: 61.8±9.05 y T₂: 79.57±7.31 mg/dL) con respecto a R (34.7±3.73 mg/dL) en ambos tiempos de transporte. En contraste, durante la noche, se incrementó en promedio 67.68 mg/dL el nivel de lactato sanguíneo en todos los grupos comparado con los valores de R (24±1.35 mg/dL) independientemente del tiempo de transporte e intensidad de la vibración.

Durante el día, el HTC incrementó en promedio 7.61% en los dos tiempos de transporte y ambas intensidades de vibraciones sobre los valores de R. Asimismo, durante la noche, el hematocrito incrementó en promedio 14.15 % sobre los valores de R.

Cuadro 5. Alteración hemodinámicas en el intercambio gaseoso, perfil energético, equilibrio electrolítico y ácido-base relacionado a las vibraciones controladas en pollos de engorda durante el día.

| DIA | Variables | Valores de referencia | T ₁ | | T ₂ | | P-Value |
|-----|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| | | | V.A | V.B | V.A | V.B | |
| | Temperatura | 40.5±0.01 ^a | 40.89±0.19 ^a | 40.29±0.28 ^a | 40.39±0.29 ^a | 40.62±0.36 ^a | 0.4624 |
| | Ph | 7.41±0.01 ^b | 7.50±0.01 ^a | 7.45±0.03 ^{ab} | 7.46±0.01 ^{ab} | 7.42±0.02 ^b | 0.0723 |
| | pCO ₂ | 45.2±2.59 ^a | 28.20±1.99 ^{bc} | 32.70±2.03 ^b | 26.70±1.34 ^c | 31.06±2.14 ^{bc} | 0.0001 |
| | pO ₂ | 31.1±2.98 ^b | 42.50±3.41 ^a | 43.60±1.51 ^a | 33.90±1.60 ^b | 31.71±3.00 ^b | 0.0013 |
| | Na ⁺ | 153.9±1.32 ^{abc} | 151.9±1.03 ^{bc} | 150.9±1.16 ^c | 155.7±1.00 ^{ab} | 158.4±1.63 ^a | 0.0011 |
| | K ⁺ | 4.4±0.11 ^a | 4.7±0.16 ^a | 5.13±0.31 ^a | 4.84±0.199 ^a | 5.17±0.34 ^a | 0.1360 |
| | Ca ⁺ | 1.2±0.05 ^a | 1.24±0.04 ^a | 1.23±0.04 ^a | 1.21±0.06 ^a | 1.25±0.05 ^a | 0.9757 |
| | Glucosa | 217.2±7.08 ^a | 193.4±6.53 ^a | 217±9.39 ^a | 205±9.01 ^a | 204.8±12.96 ^a | 0.2677 |
| | Lactato | 34.7±3.73 ^c | 42±2.22 ^{bc} | 61.8±9.05 ^{ab} | 43±4.97 ^{bc} | 79.57±7.31 ^a | 0.0001 |
| | Hematocrito | 29.1±0.37 ^b | 36.5±1.10 ^a | 39.5±1.80 ^a | 35.7±1.18 ^a | 35.16±1.64 ^a | 0.0001 |
| | HCO ₃ ⁻ | 28.9±1.69 ^a | 21.64±0.74 ^b | 22.58±1.05 ^b | 19.27±1.01 ^b | 20.41±1.08 ^b | 0.0001 |
| | HCO ₃ std | 27.04±1.26 ^a | 24.05±0.28 ^b | 23.82±1.09 ^b | 21.68±0.78 ^b | 21.65±1.08 ^b | 0.0016 |
| | TCO ₂ | 30.29±1.75 ^a | 22.5±0.80 ^b | 23.58±1.06 ^b | 20.1±1.04 ^b | 21.38±1.11 ^b | 0.0001 |
| | BE ecf | 4.34±1.84 ^a | -1.53 ± 0.53 ^b | -1.39±1.36 ^b | -4.45±1.12 ^b | -3.91±1.33 ^b | 0.0002 |
| | BE (B) | 3.74±1.62 ^a | -0.63±0.41 ^{ab} | -0.85±1.32 ^{ab} | -3.39±1.05 ^b | -3.15±1.29 ^b | 0.0001 |
| | SO ₂ c | 58.1±6.30 ^b | 79.5±3.22 ^a | 80.3±3.21 ^a | 69±2.34 ^{ab} | 61±7.60 ^{ab} | 0.0023 |
| | THbc | 10.09±0.35 ^b | 11.31±0.34 ^{ab} | 12.24±0.55 ^a | 11.06±0.36 ^{ab} | 10.91±0.50 ^{ab} | 0.0159 |

^{a,b,c} Literales diferentes sobre la misma línea indican diferencias significativas. Prueba de Tukey (p<0.05).

*Los niveles de pH sanguíneo corresponden a unidades logarítmicas, esta información se resumió como medianas (rangos) y fue evaluada con la prueba de Kruskal Wallis.

Cuadro 6. Alteraciones hemodinámicas en el intercambio gaseoso, perfil energético, equilibrio electrolítico y ácido-base relacionadas a las vibraciones controladas en pollos de engorda durante la noche.

| NOCHE | Valores de referencia | T1 | | T2 | | P-Value |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| | | VA | VB | VA | VB | |
| Temperatura | 36.80±3.63 ^a | 39.4±0.17 ^a | 39.35±0.23 ^a | 39.67±0.28 ^a | 40.31±0.26 ^a | 0.6474 |
| Ph | 7.46±0.02 ^a | 7.38±0.01 ^{ab} | 7.39±0.01 ^{ab} | 7.35±0.02 ^b | 7.33±0.03 ^b | 0.0008 |
| pCO2 | 48.8±0.87 ^a | 40.3±1.7 ^b | 40.9±1.44 ^b | 36.77±2.25 ^b | 39.11±2.18 ^b | 0.0002 |
| pO2 | 47.6±3.71 ^a | 40.3±1.7 ^{ab} | 31.8±1.51 ^b | 39.11±3.17 ^{ab} | 34.33±2.77 ^b | 0.0015 |
| Na+ | 130.4±2.32 ^b | 156.7±0.81 ^a | 153.8±0.84 ^a | 157.44±1.65 ^a | 154.55±2.36 ^a | 0.0001 |
| K+ | 4.85±0.07 ^{ab} | 4.58±0.14 ^b | 5.03±0.14 ^{ab} | 4.94±0.18 ^{ab} | 5.33±0.23 ^a | 0.0318 |
| Ca+ | 1.05±0.03 ^c | 1.36±0.01 ^a | 1.36±0.01 ^a | 1.20±0.05 ^b | 1.27±0.03 ^{ab} | 0.0001 |
| Glucosa | 150.5±11.83 ^b | 212.5±6.86 ^a | 213.9±3.07 ^a | 193.55±8.36 ^a | 204±5.97 ^a | 0.0001 |
| Lactato | 24±1.35 ^c | 64.3±4.72 ^{ab} | 54.6±2.78 ^b | 69±6.45 ^{ab} | 83.22±6.78 ^a | 0.0001 |
| Hematocrito | 24.7±0.33 ^b | 39±0.04 ^a | 40.3±1.35 ^a | 37.66±1.24 ^a | 38.44±0.94 ^a | 0.0001 |
| HCO3- | 32.22±1.28 ^a | 23.93±0.75 ^{bc} | 25.04±0.74 ^b | 20.17±0.86 ^d | 20.56±0.75 ^{cd} | 0.0001 |
| HCO3std | 26.56±1.47 ^a | 22.95±0.45 ^{bc} | 24.03±0.45 ^{ab} | 20.38±0.71 ^c | 20.16±1.00 ^c | 0.0001 |
| TCO2 | 32.64±1.53 ^a | 25.17±0.79 ^{bc} | 26.31±0.77 ^b | 21.31±0.90 ^c | 21.77±0.75 ^c | 0.0001 |
| BE ecf | 6.85±1.64 ^a | -1.14±0.77 ^{bc} | 0.17±0.78 ^b | -5.40±0.92 ^c | -5.32±1.12 ^c | 0.0001 |
| BE (B) | 4.10±0.46 ^a | -1.06±0.67 ^b | 0.07±0.67 ^b | -4.91±0.83 ^c | -4.93±1.13 ^c | 0.0001 |
| SO2 c | 54.2±8.70 ^a | 50.2±6.02 ^a | 59.8±3.17 ^a | 66.88±5.75 ^a | 58.33±6.88 ^a | 0.4413 |
| THbc | 10.34±0.30 ^b | 12.1±0.0 ^{ab} | 12.49±0.41 ^a | 11.67±0.38 ^{ab} | 11.92±0.29 ^a | 0.0021 |

^{a,b,c}, Literales diferentes sobre la misma línea indican diferencias significativas. Prueba de Tukey (p<0.05).

*Los niveles de pH sanguíneo corresponden a unidades logarítmicas, esta información se resumió como medianas (rangos) y fue evaluada con la prueba de Kruskal Wallis.

Durante el día (cuadro 5) y la noche (cuadro 6), la concentración del HCO_3^- , $\text{HCO}_3^{\text{std}}$ y BE disminuyeron ($P < 0.0001$) en ambos tiempos de transporte e intensidad de vibración con respecto a los valores de referencia. El TCO_2 disminuyó ($P < 0.0001$) en promedio 7.49 bajo los valores de R en las aves que fueron vibradas durante el día independientemente de la intensidad de la vibración. No obstante durante la noche, el TCO_2 disminuyó ($P < 0.0001$) en promedio 9 por debajo de los valores de R independientemente de la intensidad de la vibración. La SO_2c incremento ($P = 0.0023$) 21.4 en las aves vibradas a baja intensidad y 22.2 en aquellas vibradas a alta intensidad por arriba de los valores de R, en un tiempo de vibración de 30 minutos.

8.3.2. Valoración de la calidad de la carne. Pollos vibrados de día

8.3.2.1. Color de la carne y piel

En el cuadro 7, la luminosidad de la pierna evaluada dos horas después de los tratamientos disminuyó ($P < 0.05$) por más de 8 unidades, cuando se compararon el grupo control con ambos grupos de vibración baja. La coordenada "a" incrementó ($P < 0.05$) más de dos unidades en ambos grupos con vibración baja en comparación al control. A las 24 h, la luminosidad de la pierna disminuyó ($P < 0.05$) en los grupos 1, 6 y 7 comparados con el control, en la coordenada "a" solo el grupo 7 incremento ($P < 0.05$) 3.5 unidades cuando se comparó con el control. La coordenada "b" de la pierna a las 2 y 24 h de su determinación no presentó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre el grupo control y los demás tratamientos.

Cuadro 7. Color en carne y piel de pollo por relacionado de las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día.

| Color | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------|
| | 5 | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 9 | EEM |
| L (Pierna) | 48.27 ^{ab} ± 1.23 | 47.98 ^{ab} ± 1.09 | 49.12 ^{ab} ± 1.26 | 39.53 ^{cd} ± 1.78 | 37.97 ^d ± 0.74 | 43.98 ^{bc} ± 0.92 | 49.90 ^a ± 0.88 | 6.94 |
| a(Pierna) | 4.79 ^{bc} ± 0.54 | 6.19 ^{bc} ± 0.41 | 4.76 ^{bc} ± 0.50 | 6.95 ^{ab} ± 0.33 | 9.21 ^a ± 0.67 | 6.82 ^{bc} ± 0.61 | 4.57 ^c ± 0.37 | 1.29 |
| b(Pierna) | 14.84 ^a ± 0.83 | 17.37 ^a ± 0.94 | 16.13 ^a ± 0.59 | 13.54 ^a ± 0.53 | 15.67 ^a ± 1.54 | 16.68 ^a ± 1.02 | 14.12 ^a ± 0.73 | 4.43 |
| L(Pechuga) | 37.89 ^{abc} ± 1.47 | 38.56 ^{abc} ± 0.61 | 40.88 ^a ± 1.29 | 34.29 ^c ± 0.24 | 35.89 ^{bc} ± 0.95 | 37.48 ^{abc} ± 0.93 | 39.36 ^{ab} ± 1.21 | 5.39 |
| a(Pechuga) | 7.04 ^{bc} ± 0.40 | 7.22 ^{bc} ± 0.39 | 6.09 ^c ± 0.28 | 8.54 ^{ab} ± 0.72 | 9.88 ^a ± 0.55 | 6.44 ^{bc} ± 0.48 | 6.18 ^c ± 0.35 | 1.14 |
| b(Pechuga) | 16.13 ^c ± 0.52 | 19.84 ^a ± 0.41 | 18.91 ^{ab} ± 0.25 | 18.28 ^{ab} ± 0.54 | 19.11 ^{ab} ± 0.59 | 18.22 ^{abc} ± 0.13 | 17.36 ^{bc} ± 0.61 | 1.11 |
| L(Piel) | 51.95 ^b ± 0.59 | 54.73 ^{ab} ± 0.66 | 56.30 ^a ± 0.90 | 52.82 ^{ab} ± 0.80 | 51.36 ^b ± 0.42 | 52.88 ^{ab} ± 1.28 | 53.18 ^{ab} ± 0.96 | 3.59 |
| a(Piel) | 11.22 ^b ± 0.97 | 11.37 ^{ab} ± 0.60 | 10.11 ^b ± 0.42 | 11.42 ^{ab} ± 0.49 | 13.96 ^a ± 0.70 | 12.61 ^{ab} ± 0.28 | 10.20 ^b ± 0.45 | 1.81 |
| b(Piel) | 24.96 ^b ± 1.11 | 28.95 ^a ± 0.37 | 28.28 ^a ± 0.80 | 27.86 ^{ab} ± 0.45 | 27.34 ^{ab} ± 0.57 | 28.21 ^a ± 0.55 | 26.86 ^{ab} ± 0.55 | 2.27 |
| L(24h pierna) | 48.26 ^{ab} ± 0.59 | 42.67 ^{cd} ± 1.03 | 49.46 ^{ab} ± 1.67 | 36.82 ^e ± 0.96 | 38.93 ^{de} ± 1.36 | 44.58 ^{bc} ± 1.24 | 49.96 ^a ± 1.13 | 7.05 |
| a (24h pierna) | 5.61 ^b ± 0.49 | 7.37 ^{ab} ± 0.43 | 5.56 ^b ± 0.63 | 7.56 ^{ab} ± 0.53 | 9.10 ^a ± 0.51 | 6.92 ^b ± 0.13 | 5.58 ^b ± 0.22 | 1.03 |
| b (24h pierna) | 15.07 ^{ab} ± 0.48 | 16.53 ^a ± 0.41 | 13.80 ^{ab} ± 1.09 | 15.33 ^{ab} ± 1.00 | 15.33 ^{ab} ± 0.57 | 16.80 ^a ± 0.41 | 12.68 ^b ± 0.86 | 2.76 |
| L(24h pechuga) | 41.24 ^a ± 1.48 | 42.18 ^a ± 1.51 | 44.70 ^a ± 1.25 | 39.17 ^a ± 1.32 | 39.79 ^a ± 1.83 | 42.40 ^a ± 1.19 | 46.92 ^a ± 0.52 | 9.20 |
| a(24h pechuga) | 7.06 ^{abc} ± 0.73 | 7.31 ^{abc} ± 0.52 | 5.37 ^c ± 0.44 | 8.30 ^{ab} ± 0.43 | 8.88 ^a ± 0.46 | 5.56 ^c ± 0.33 | 6.44 ^{bc} ± 0.26 | 1.14 |
| b(24h pechuga) | 16.65 ^b ± 0.69 | 20.12 ^a ± 0.64 | 19.00 ^{ab} ± 0.46 | 19.19 ^{ab} ± 0.92 | 18.08 ^{ab} ± 1.23 | 18.18 ^{ab} ± 0.29 | 18.44 ^{ab} ± 0.62 | 2.84 |
| L(24h piel) | 53.22 ^b ± 0.70 | 53.69 ^{ab} ± 0.58 | 56.68 ^a ± 0.56 | 54.61 ^{ab} ± 0.62 | 53.53 ^{ab} ± 1.05 | 55.59 ^{ab} ± 0.30 | 56.14 ^{ab} ± 0.91 | 2.55 |
| a(24h piel) | 11.41 ^{bc} ± 0.87 | 12.55 ^{ab} ± 0.45 | 10.72 ^{bc} ± 0.48 | 9.72 ^c ± 0.53 | 14.48 ^a ± 0.51 | 10.59 ^{bc} ± 0.56 | 9.63 ^c ± 0.30 | 1.54 |
| b(24h piel) | 25.48 ^a ± 1.12 | 28.72 ^a ± 0.82 | 27.84 ^a ± 1.11 | 28.25 ^a ± 0.42 | 25.73 ^a ± 0.81 | 27.91 ^a ± 0.49 | 26.87 ^a ± 0.48 | 3.23 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

EEM - Error estándar de la media 1: Día/Sin vibración/ Traslado Corto 2: Día/Sin vibración/ Traslado Largo 5: Sin Vibraciones/Tiempo Cero6:

Día/Vibración Baja/Traslado Corto7: Día/Vibración Baja/Traslado Largo8: Día/Vibración Alta/Traslado Corto

Cuadro 8. Capacidad de retención de agua en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día.

| Capacidad de retención de agua (mL/100g) | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|------|
| | 5 | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Pierna 2 h | 0.24 ^b ± 0.01 | 0.42 ^b ± 0.02 | 0.32 ^b ± 0.04 | 0.35 ^{ab} ± 0.01 | 0.34 ^b ± 0.04 | 0.29 ^b ± 0.04 | 0.26 ^b ± 0.02 | 0.00 |
| Pechuga 2 h | 0.25 ^b ± 0.01 | 0.35 ^{ab} ± 0.01 | 0.22 ^b ± 0.02 | 0.29 ^{ab} ± 0.03 | 0.29 ^{ab} ± 0.03 | 0.41 ^a ± 0.06 | 0.20 ^b ± 0.03 | 0.00 |
| Pierna 24 h | 0.30 ^a ± 0.24 | 0.35 ^a ± 0.02 | 0.31 ^a ± 0.05 | 0.35 ^a ± 0.01 | 0.44 ^a ± 0.08 | 0.46 ^a ± 0.01 | 0.37 ^a ± 0.014 | 0.00 |
| Pechuga 24 h | 0.28 ^a ± 0.03 | 0.44 ^a ± 0.10 | 0.23 ^a ± 0.03 | 0.36 ^a ± 0.02 | 0.30 ^a ± 0.04 | 0.46 ^a ± 0.02 | 0.29 ^a ± 0.1 | 0.01 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

EEM - Error estándar de la media

1: Día/Sin vibración/ Traslado Corto

2: Día/Sin vibración/ Traslado Largo

5: Sin Vibraciones/ Tiempo Cero

6: Día/Vibración Baja/Traslado Corto

7: Día/Vibración Baja/Traslado Largo

8: Día/Vibración Alta/Traslado Corto

9: Día/Vibración Alta/Traslado Largo

Cuadro 9. pH en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día.

| pH | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------|
| | 5 | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 9 | EEM |
| Pierna 15 min | 6.02 ^b ± 0.06 | 5.97 ^b ± 0.02 | 6.05 ^b ± 0.03 | 6.68 ^a ± 0.07 | 6.15 ^b ± 0.16 | 6.16 ^b ± 0.06 | 5.95 ^b ± 0.08 | 0.04 |
| Pechuga 15 min | 6.24 ^{ab} ± 0.06 | 5.88 ^{bc} ± 0.10 | 5.57 ^c ± 0.08 | 6.24 ^{ab} ± 0.10 | 6.23 ^{ab} ± 0.18 | 6.53 ^a ± 0.06 | 5.96 ^{bc} ± 0.07 | 0.07 |
| Pierna 45 min | 5.91 ^c ± 0.01 | 6.15 ^{bc} ± 0.06 | 6.13 ^{bc} ± 0.02 | 6.66 ^a ± 0.09 | 6.30 ^b ± 0.11 | 6.17 ^{bc} ± 0.030 | 5.97 ^c ± 0.05 | 0.03 |
| Pechuga 45 min | 6.060 ^{bc} ± 0.05 | 5.74 ^d ± 0.04 | 6.19 ^{ab} ± 0.07 | 6.41 ^a ± 0.04 | 6.22 ^{ab} ± 0.12 | 6.41 ^a ± 0.03 | 5.81 ^{cd} ± 0.02 | 0.03 |
| Pierna 2 h | 6.01 ^{cd} ± 0.02 | 6.12 ^{cb} ± 0.04 | 5.89 ^d ± 0.01 | 6.41 ^a ± 0.05 | 5.95 ^{cd} ± 0.02 | 6.24 ^{ab} ± 0.05 | 6.10 ^{cb} ± 0.02 | 0.01 |
| Pechuga 2 h | 5.92 ^{cd} ± 0.03 | 6.01 ^{bc} ± 0.01 | 5.83 ^d ± 0.01 | 6.10 ^b ± 0.04 | 5.79 ^d ± 0.04 | 6.27 ^a ± 0.01 | 6.00 ^{bc} ± 0.02 | 0.00 |
| Pierna 24 h | 5.74 ^{ab} ± 0.19 | 4.34 ^b ± 0.88 | 4.68 ^b ± 0.70 | 6.47 ^{ab} ± 0.13 | 6.54 ^{ab} ± 0.30 | 7.20 ^a ± 0.42 | 7.27 ^a ± 0.55 | 2.09 |
| Pechuga 24 h | 5.98 ^{ab} ± 0.09 | 6.05 ^{ab} ± 0.03 | 5.92 ^b ± 0.05 | 6.37 ^a ± 0.11 | 6.10 ^{ab} ± 0.15 | 6.17 ^{ab} ± 0.06 | 6.12 ^{ab} ± 0.03 | 0.05 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

- 1: Día/Sin vibración/ Traslado Corto
- 2: Día/Sin vibración/ Traslado Largo
- 5: Sin Vibraciones/Tiempo. Cero
- 6: Día/Vibración Baja/Traslado Corto
- 7: Día/Vibración Baja/Traslado Largo
- 8: Día/Vibración Alta/Traslado Corto
- 9: Día/Vibración Alta/Traslado Largo

Cuadro 10. Temperatura de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día.

| Textura (g) | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------|
| | 5 | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Pierna 2 h | 1058.23 ^{bc} ± 52.90 | 1352.79 ^{ab} ± 147.88 | 1184.47 ^{bc} ± 107.75 | 702.61 ^c ± 52.82 | 869.26 ^b ± 106.55 | 1262.60 ^b ± 135.08 | 1813.37 ^a ± 173.52 | 141118 |
| Pechuga 2 h | 1251.78 ^{cd} ± 171.67 | 1577.07 ^{cb} ± 93.61 | 2082.88 ^b ± 45.57 | 1087.89 ^{cd} ± 44.22 | 959.43 ^d ± 69.58 | 1513.42 ^{bcd} ± 196.32 | 2939.38 ^a ± 199.32 | 179118.3 |
| Pierna 24 h | 1678.24 ^a ± 34.86 | 1552.66 ^{ab} ± 79.87 | 910.13 ^c ± 31.72 | 891.13 ^c ± 39.89 | 600.06 ^d ± 29.97 | 902.96 ^c ± 73.63 | 1369.40 ^b ± 117.12 | 43187.81 |
| Pechuga 24 h | 1606.09 ^a ± 73.17 | 1099.56 ^b ± 49.88 | 899.98 ^b ± 51.71 | 866.53 ^b ± 57.58 | 614.87 ^c ± 25.04 | 1079.09 ^b ± 65.06 | 1086.34 ^b ± 62.45 | 32277.18 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

- 1: Día/Sin vibración/ Traslado Corto
- 2: Día/Sin vibración/ Traslado Largo
- 5: Sin Vibraciones/T. Cero
- 6: Día/Vibración Baja/Traslado Corto
- 7: Día/Vibración Baja/Traslado Largo
- 8: Día/Vibración Alta/Traslado Corto
- 9: Día/Vibración Alta/Traslado Largo

Cuadro 11. Textura en carne de pollo relacionada a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante el día.

| Temperatura (°C) | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|
| | 5 | 1 | 2 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Pierna 15 min | 20.92 ^d ± 0.37 | 26.60 ^c ± 0.31 | 25.70 ^c ± 0.21 | 28.05 ^b ± 0.13 | 26.65 ^{bc} ± 0.96 | 27.58 ^{bc} ± 0.33 | 30.41 ^a ± 0.35 | 1.48 |
| Pechuga 15 min | 24.55 ^e ± 0.33 | 28.50 ^{cd} ± 0.18 | 29.54 ^{cb} ± 0.24 | 30.98 ^{ab} ± 0.52 | 27.74 ^d ± 0.66 | 29.08 ^{cd} ± 0.42 | 31.40 ^a ± 0.25 | 1.16 |
| Pierna 45 min | 18.58 ^c ± 0.09 | 20.00 ^c ± 0.29 | 22.78 ^b ± 0.22 | 26.02 ^a ± 0.29 | 15.92 ^d ± 0.78 | 24.82 ^a ± 0.38 | 25.58 ^a ± 0.23 | 1.07 |
| Pechuga 45 min | 20.42 ^d ± 0.31 | 24.27 ^c ± 0.16 | 26.78 ^{ab} ± 0.26 | 27.87 ^a ± 0.32 | 17.34 ^e ± 0.43 | 26.47 ^b ± 0.14 | 27.51 ^{ab} ± 0.29 | 0.57 |
| Pierna 2 h | 19.60 ^f ± 0.06 | 20.68 ^e ± 0.06 | 23.44 ^c ± 0.08 | 26.07 ^b ± 0.18 | 19.11 ^g ± 0.14 | 22.90 ^d ± 0.08 | 27.38 ^a ± 0.08 | 0.08 |
| Pechuga 2 h | 19.81 ^e ± 0.10 | 21.00 ^d ± 0.07 | 24.34 ^c ± 0.05 | 26.62 ^b ± 0.45 | 19.35 ^e ± 0.11 | 23.50 ^c ± 0.03 | 28.28 ^a ± 0.25 | 0.28 |
| Pierna 24 h | 8.95 ^a ± 1.31 | 9.68 ^a ± 2.45 | 11.80 ^a ± 3.13 | 10.02 ^a ± 1.32 | 9.91 ^a ± 0.93 | 13.62 ^a ± 1.87 | 11.33 ^a ± 0.87 | 26.28 |
| Pechuga 24 h | 16.42 ^a ± 2.82 | 19.15 ^a ± 1.77 | 20.35 ^a ± 1.51 | 18.15 ^a ± 3.26 | 17.08 ^a ± 3.06 | 21.18 ^a ± 2.66 | 18.73 ^a ± 3.78 | 51.82 |

^{abc}Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

- 1: Día/Sin vibración/ Traslado Corto
- 2: Día/Sin vibración/ Traslado Largo
- 5: Sin Vibraciones/Tiempo Cero
- 6: Día/Vibración Baja/Traslado Corto
- 7: Día/Vibración Baja/Traslado Largo
- 8: Día/Vibración Alta/Traslado Corto
- 9: Día/Vibración Alta/Traslado Largo

La luminosidad de la pechuga (cuadro 7) a las dos y 24 h después de los tratamientos no presentó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre el grupo control y los tratamientos. La medición de la coordenada “a”, a las 2 h después de los tratamientos presentó un aumento ($P < 0.05$) de 2.8 unidades y a las 24 h no hubo diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) con respecto al grupo control. La coordenada “b” presentó un aumento ($P < 0.05$) de 2.9 unidades en el grupo 1, 2, 6 y 7 con respecto al grupo control y a las 24 h se observó un aumento ($P < 0.05$) de 3.5 unidades en el grupo 1 con respecto al grupo control.

Con respecto a la luminosidad de la piel (cuadro 7) se observó un aumento ($P < 0.05$) en el grupo 2, a las dos h de 4.3 y a las 24 h de 3.4 unidades con respecto al grupo control. La medición de la coordenada “a” se observó un aumento ($P < 0.05$) en el grupo 7 tanto a las dos h (2.7 unidades) como a las 24 h (3.0 unidades). La coordenada “b” tuvo un aumento a las 2 h, promedio de 3.5 en los grupos 1, 2 y 8 en comparación con el grupo control y a las 24 h no se presentó diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) con respecto al grupo control.

8.3.2.2. Capacidad de retención de agua

La medición del parámetro de capacidad de retención de agua (CRA) (cuadro 8) no presentó diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) a las dos horas después de la aplicación de los tratamientos en la región de la pierna ni a las 24 h en pierna y pechuga respecto al grupo control, pero sí se observó un aumento ($P < 0.05$) de 0.16 mL/100g en el grupo 8 a las dos h en la pechuga con respecto al grupo control.

8.3.2.3. pH

Se realizó la lectura de pH (cuadro 9) en pierna a los 15 min, presentándose un aumento ($P < 0.05$) de 0.66 unidades en el tratamiento 6 comparado con el grupo control. A los 45 min se observó un aumento ($P < 0.05$) tanto en el grupo 6 de 0.75 unidades como en el grupo 7 de 0.39 unidades comparándolos con el grupo control. Se realizó otra medición a las 2 h, presentándose un aumento en el grupo 6 de 0.40 unidades y en el grupo 8 de 0.23 unidades comparado con el grupo control. A las 24 h se midió este de nuevo y se observó que no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos y el control.

La lectura del pH a los 15 min en pechuga, presentó una disminución ($P < 0.05$) de 0.67 unidades en el grupo 2, comparado con el grupo control. Tomando lectura a los 45 min, se observó una disminución ($P < 0.05$) de 0.32 unidades en el grupo 1 y un aumento ($P < 0.05$) de 0.35 unidades en el grupo 6 y 8 comparados con el grupo control. A las dos h, la lectura de este parámetro presentó un aumento ($P < 0.05$) de 0.18 unidades en el grupo 6, al mismo tiempo se observó en el grupo 8 un aumento ($P < 0.05$) de 0.35 unidades comparadas con el grupo control. Midiendo este parámetro a las 24 h no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos y el grupo control.

8.3.2.4. Temperatura

Después de 15 min, la aplicación de los tratamientos en los pollos se tomó la medición de la temperatura en pierna (cuadro 10) y se presentaron diferencias significativas en los grupos 1, 2, 6, 7, 8 y 9 con un aumento ($P < 0.05$) en promedio de 6.6° C con respecto al grupo control. Cuando se tomó la lectura a los 45 min no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el grupo 1 con respecto al control. En el en el grupo 7 se observó una disminución ($P < 0.05$) de 2.66° C y al mismo tiempo, aumentó ($P < 0.05$) 7° C en promedio en los grupo 2, 6, 8 y 9 comparados con el grupo control. 2 h después se presentaron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos 1, 2, 6, 8 y 9 con un aumento ($P < 0.05$) promedio de 4.5° C y en el grupo 7 disminuyó ($P < 0.05$) 0.5° C, todo esto con respecto a la comparación del grupo control. La medición a las 24 h no arrojó diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) comparado al grupo control.

La determinación de la temperatura en pechuga (cuadro 10) a los 15 min después de la aplicación de los tratamientos presentó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en todos los tratamientos (1, 2, 6, 7,8 y 9) al aumentar más de 5° C con respecto al grupo control. En la medición de los 45 min se observó un aumento ($P < 0.05$) promedio de 6.1° C en los tratamientos 1, 2, 6, 8 y 9 y una disminución ($P < 0.05$) de 3.1° C en el grupo 7, todo esto con respecto al grupo control. 2 h después, los tratamientos 1, 2, 3, 6, 8 y 9 aumentaron ($P < 0.05$) 5° C en promedio. Por el contrario, el grupo 7, disminuyó ($P < 0.05$) 0.5° C comparado al grupo control. Finalmente, a las 24 h no presento diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos y el grupo control.

8.3.2.5. Textura

La medición de la textura en la carne (cuadro 11) en la región de la pierna en canal caliente, presentó mayor dureza en el grupo 9 con un aumento ($P < 0.05$) de 755 g en comparación al grupo control. En el grupo 2, 6, 7, 8 y 9 disminuyó ($P < 0.05$) la dureza 620 g en promedio comparado con el grupo control.

Por otro lado, la pechuga de canal caliente aumentó significativamente ($P < 0.05$) la dureza a 1259.3 g en el grupo 2 y 9 en comparación con el grupo control. Por el contrario, Al contrario, la pechuga de canal fría se disminuyó significativamente ($P < 0.05$) 664.7 g en todos los tratamientos con respecto al grupo control.

8.3.3. Valoración de la calidad de la carne. Pollos vibrados de noche.

8.3.3.1. Color en músculo y piel

La medición de la luminosidad en pierna (cuadro 12) a las 2 h después de cada tratamiento no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) en comparación entre los tratamientos y el grupo control. Sin embargo, a las 24 h en el grupo 10 hubo una disminución ($P < 0.05$) de 8.2 unidades comparándolo con el grupo control. La coordenada "a" en pierna se observó a las dos horas de sacrificio un aumento ($P < 0.05$) de 3 unidades en los grupos 4, 10 y 11 comparándolo con el grupo control. No obstante, a las 24 h de la medición no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos y el grupo control. En la coordenada "b" no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) a las 2 y 24 h en los tratamientos comparados con el grupo control.

Cuadro 12. Color en carne de relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante la noche.

| Color | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|
| | 5 | 3 | 4 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| L (Pierna) | 48.27 ^a ± 1.23 | 47.81 ^a ± 1.15 | 43.96 ^a ± 1.30 | 42.60 ^a ± 0.86 | 42.09 ^a ± 2.24 | 46.86 ^a ± 1.25 | 47.19 ^a ± 1.52 | 10.17 |
| a(Pierna) | 4.79 ^c ± 0.54 | 5.54 ^{bc} ± 0.47 | 8.14 ^{ab} ± 0.71 | 8.16 ^a ± 0.46 | 7.13 ^{ab} ± 0.70 | 5.55 ^{bc} ± 0.25 | 6.02 ^{abc} ± 0.74 | 1.69 |
| b(Pierna) | 14.84 ^{ab} ± 0.83 | 15.68 ^{ab} ± 0.80 | 18.24 ^a ± 0.82 | 17.36 ^{ab} ± 0.83 | 13.81 ^b ± 1.00 | 13.87 ^b ± 0.17 | 14.06 ^b ± 0.93 | 3.29 |
| L(Pechuga) | 37.89 ^{ab} ± 1.47 | 38.92 ^{ab} ± 0.79 | 35.42 ^b ± 1.09 | 36.78 ^b ± 0.68 | 41.58 ^a ± 1.05 | 37.57 ^{ab} ± 0.73 | 38.59 ^{ab} ± 0.69 | 4.71 |
| a(Pechuga) | 7.04 ^{ab} ± 0.40 | 6.14 ^{ab} ± 0.75 | 8.24 ^a ± 0.49 | 8.18 ^a ± 0.98 | 6.57 ^{ab} ± 0.32 | 5.02 ^b ± 0.20 | 6.28 ^{ab} ± 0.59 | 1.74 |
| b(Pechuga) | 16.13 ^{ab} ± 0.52 | 18.04 ^{ab} ± 0.83 | 18.08 ^{ab} ± 0.71 | 19.11 ^a ± 0.61 | 14.92 ^b ± 1.31 | 15.65 ^b ± 0.33 | 17.43 ^{ab} ± 0.53 | 2.86 |
| L(Piel) | 51.95 ^a ± 0.59 | 55.76 ^a ± 1.05 | 54.47 ^a ± 0.70 | 52.80 ^a ± 0.72 | 51.85 ^a ± 1.18 | 51.74 ^a ± 1.10 | 55.09 ^a ± 1.41 | 5.06 |
| a(Piel) | 11.22 ^a ± 0.97 | 10.73 ^a ± 0.50 | 12.09 ^a ± 0.55 | 13.67 ^a ± 0.77 | 12.34 ^a ± 0.77 | 11.84 ^a ± 0.63 | 12.23 ^a ± 1.31 | 3.44 |
| b(Piel) | 24.96 ^c ± 1.11 | 28.16 ^a ± 0.35 | 27.88 ^{ab} ± 0.37 | 28.94 ^a ± 0.24 | 25.11 ^{bc} ± 0.68 | 25.16 ^{bc} ± 0.64 | 27.99 ^{ab} ± 0.68 | 2.10 |
| L(24h pierna) | 48.26 ^a ± 0.59 | 46.76 ^a ± 1.96 | 44.28 ^{ab} ± 0.70 | 40.11 ^b ± 1.23 | 42.62 ^{ab} ± 1.70 | 46.56 ^a ± 1.00 | 46.38 ^a ± 1.86 | 9.74 |
| a(24h pierna) | 5.61 ^a ± 0.49 | 6.63 ^a ± 0.91 | 7.73 ^a ± 0.21 | 8.13 ^a ± 0.40 | 7.15 ^a ± 0.45 | 5.98 ^a ± 0.21 | 6.69 ^a ± 0.98 | 1.78 |
| b(24h pierna) | 15.07 ^a ± 0.48 | 14.67 ^a ± 2.14 | 13.59 ^a ± 1.04 | 15.12 ^a ± 0.83 | 13.87 ^a ± 0.90 | 13.84 ^a ± 0.62 | 13.74 ^a ± 0.98 | 6.30 |
| L(24h pechuga) | 41.24 ^a ± 1.48 | 44.45 ^a ± 0.72 | 40.77 ^a ± 1.29 | 40.27 ^a ± 0.63 | 42.68 ^a ± 1.11 | 41.93 ^a ± 1.09 | 40.24 ^a ± 1.22 | 6.26 |
| a(24h pechuga) | 7.06 ^{ab} ± 0.73 | 6.06 ^{ab} ± 0.58 | 8.60 ^a ± 0.22 | 7.98 ^{ab} ± 0.58 | 6.77 ^{ab} ± 0.39 | 5.51 ^b ± 0.77 | 6.58 ^{ab} ± 1.04 | 2.24 |
| b(24h pechuga) | 16.65 ^b ± 0.69 | 18.39 ^{ab} ± 0.91 | 19.12 ^{ab} ± 0.78 | 19.81 ^a ± 0.37 | 17.59 ^{ab} ± 0.50 | 16.44 ^b ± 0.32 | 18.19 ^{ab} ± 0.90 | 2.32 |
| L(24h piel) | 53.22 ^a ± 0.70 | 55.55 ^a ± 1.37 | 52.87 ^a ± 0.98 | 52.68 ^a ± 0.58 | 54.19 ^a ± 0.84 | 54.80 ^a ± 1.02 | 56.45 ^a ± 1.60 | 5.73 |
| a(24h piel) | 11.41 ^{ab} ± 0.87 | 11.38 ^{ab} ± 0.74 | 12.71 ^a ± 0.47 | 13.53 ^a ± 0.52 | 13.36 ^a ± 0.56 | 11.53 ^{ab} ± 0.56 | 9.16 ^b ± 0.85 | 2.26 |
| b(24h piel) | 25.48 ^a ± 1.12 | 28.27 ^a ± 0.87 | 27.55 ^a ± 0.65 | 28.15 ^a ± 0.62 | 26.69 ^a ± 0.27 | 26.62 ^a ± 0.72 | 28.33 ^a ± 0.99 | 3.17 |

^{abc}Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

3: Noche/Sin vibración/ Traslado Largo
 4: Noche/Sin vibración/ Traslado Corto
 5: Sin Vibraciones/Tiempo Cero
 10: Noche/Vibración Baja/Traslado Corto

11: Noche/Vibración Baja/Traslado Largo
 12: Noche/Vibración Alta/Traslado Corto
 13: Noche/Vibración Alta/Traslado Largo

Cuadro 13. Capacidad de retención de agua en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante la noche.

| Capacidad de retención de agua (mL/100g) | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| | 5 | 3 | 4 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Pierna 2 h | 0.24 ^a ± 0.01 | 0.19 ^a ± 0.02 | 0.24 ^a ± 0.01 | 0.35 ^a ± 0.02 | 0.35 ^a ± 0.08 | 0.23 ^a ± 0.02 | 0.29 ^a ± 0.02 | 0.00 |
| Pechuga 2 h | 0.25 ^{ab} ± 0.01 | 0.26 ^{ab} ± 0.02 | 0.19 ^b ± 0.00 | 0.31 ^a ± 0.03 | 0.22 ^{ab} ± 0.02 | 0.23 ^{ab} ± 0.03 | 0.23 ^{ab} ± 0.01 | 0.00 |
| Pierna 24 h | 0.30 ^{ab} ± 0.02 | 0.44 ^a ± 0.03 | 0.23 ^b ± 0.02 | 0.25 ^b ± 0.03 | 0.44 ^a ± 0.02 | 0.36 ^{ab} ± 0.05 | 0.22 ^b ± 0.04 | 0.00 |
| Pechuga 24 h | 0.28 ^b ± 0.03 | 0.44 ^a ± 0.03 | 0.34 ^{ab} ± 0.01 | 0.22 ^b ± 0.03 | 0.28 ^b ± 0.02 | 0.33 ^{ab} ± 0.02 | 0.31 ^{ab} ± 0.05 | 0.00 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

3: Noche/Sin vibración/ Traslado Largo
 4: Noche/Sin vibración/ Traslado Corto
 5: Sin Vibraciones/Tiempo Cero
 10: Noche/Vibración Baja/Traslado Corto

11: Noche/Vibración Baja/Traslado Largo
 12: Noche/Vibración Alta/Traslado Corto
 13: Noche/Vibración Alta/Traslado Largo

Cuadro 14. pH en carne de pollo relacionado a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante la noche.

| pH | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------|
| | 5 | 3 | 4 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Pierna 15 min | 6.02 ^b ± 0.06 | 6.01 ^b ± 0.05 | 5.99 ^b ± 0.02 | 6.53 ^a ± 0.04 | 6.56 ^a ± 0.03 | 6.20 ^b ± 0.04 | 6.08 ^b ± 0.02 | 0.01 |
| Pechuga 15 min | 6.24 ^a ± 0.06 | 6.43 ^a ± 0.04 | 6.07 ^a ± 0.17 | 6.41 ^a ± 0.04 | 6.38 ^a ± 0.11 | 6.33 ^a ± 0.04 | 6.26 ^a ± 0.030 | 0.05 |
| Pierna 45 min | 5.91 ^c ± 0.01 | 5.87 ^c ± 0.04 | 5.96 ^c ± 0.04 | 6.61 ^a ± 0.05 | 6.56 ^a ± 0.04 | 6.16 ^b ± 0.03 | 6.02 ^b ± 0.01 | 0.01 |
| Pechuga 45 min | 6.06 ^{cd} ± 0.05 | 6.05 ^{cd} ± 0.05 | 6.12 ^{cd} ± 0.06 | 6.43 ^a ± 0.04 | 6.34 ^{ab} ± 0.07 | 6.23 ^{abc} ± 0.02 | 5.97 ^d ± 0.04 | 0.01 |
| Pierna 2 h | 6.01 ^{cde} ± 0.02 | 5.99 ^{de} ± 0.02 | 5.94 ^e ± 0.01 | 6.13 ^{bcd} ± 0.06 | 6.34 ^a ± 0.05 | 6.16 ^{bc} ± 0.02 | 6.25 ^{ab} ± 0.02 | 0.01 |
| Pechuga 2 h | 5.92 ^{ab} ± 0.03 | 5.91 ^{ab} ± 0.03 | 5.96 ^{ab} ± 0.02 | 5.77 ^b ± 0.05 | 6.07 ^a ± 0.08 | 6.11 ^a ± 0.02 | 6.11 ^a ± 0.05 | 0.01 |
| Pierna 24 h | 6.31 ^a ± 0.64 | 5.02 ^a ± 0.50 | 5.55 ^a ± 0.44 | 8.03 ^a ± 0.82 | 8.44 ^a ± 1.02 | 6.92 ^a ± 1.91 | 8.56 ^a ± 1.40 | 7.77 |
| Pechuga 24 h | 5.96 ^a ± 0.07 | 5.81 ^a ± 0.07 | 6.12 ^a ± 0.04 | 6.22 ^a ± 0.11 | 6.15 ^a ± 0.13 | 4.35 ^b ± 0.67 | 6.16 ^a ± 0.04 | 0.49 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

- 3: Noche/Sin vibración/ Traslado Largo
- 4: Noche/Sin vibración/ Traslado Corto
- 5: Sin Vibraciones/Tiempo Cero
- 10: Noche/Vibración Baja/Traslado Corto
- 11: Noche/Vibración Baja/Traslado Largo
- 12: Noche/Vibración Alta/Traslado Corto
- 13: Noche/Vibración Alta/Traslado Largo

Cuadro 15. Temperatura en carne de pollo relacionada a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante noche.

| Temperatura (°C) | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| | 5 | 3 | 4 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Pierna 15 min | 20.92 ^d ± 0.37 | 21.88 ^{cd} ± 0.21 | 20.60 ^d ± 0.27 | 23.01 ^{bc} ± 0.14 | 23.00 ^b ± 0.20 | 26.41 ^a ± 0.38 | 23.21 ^b ± 0.40 | 0.60 |
| Pechuga 15 min | 24.55 ^b ± 0.33 | 24.67 ^b ± 0.33 | 25.87 ^b ± 0.26 | 29.47 ^a ± 0.11 | 29.08 ^a ± 0.46 | 29.07 ^a ± 0.30 | 30.08 ^a ± 0.14 | 0.67 |
| Pierna 45 min | 18.58 ^b ± 0.09 | 15.16 ^c ± 0.48 | 16.00 ^c ± 0.07 | 19.37 ^b ± 0.26 | 18.54 ^b ± 0.17 | 23.80 ^a ± 0.48 | 19.00 ^b ± 0.20 | 0.69 |
| Pechuga 45 min | 20.42 ^c ± 0.31 | 21.07 ^c ± 0.24 | 20.15 ^c ± 0.32 | 24.74 ^a ± 0.26 | 22.52 ^b ± 0.34 | 24.15 ^a ± 0.19 | 22.75 ^b ± 0.37 | 0.61 |
| Pierna 2 h | 19.60 ^c ± 0.06 | 17.57 ^e ± 0.09 | 18.35 ^d ± 0.08 | 19.17 ^c ± 0.13 | 23.20 ^a ± 0.16 | 20.57 ^b ± 0.08 | 20.46 ^b ± 0.03 | 0.07 |
| Pechuga 2 h | 19.81 ^d ± 0.10 | 17.85 ^e ± 0.14 | 19.47 ^d ± 0.04 | 19.38 ^d ± 0.06 | 23.38 ^a ± 0.19 | 20.50 ^c ± 0.09 | 21.46 ^b ± 0.06 | 0.09 |
| Pierna 24 h | 9.52 ^a ± 1.21 | 14.13 ^a ± 13.16 | 14.37 ^a ± 3.55 | 12.90 ^a ± 0.91 | 12.60 ^a ± 0.48 | 15.71 ^a ± 1.20 | 16.65 ^a ± 1.15 | 30.97 |
| Pechuga 24 h | 15.62 ^a ± 2.30 | 21.68 ^a ± 0.16 | 21.30 ^a ± 0.25 | 19.44 ^a ± 1.23 | 15.78 ^a ± 2.95 | 19.38 ^a ± 2.36 | 17.26 ^a ± 1.85 | 23.72 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

3: Noche/Sin vibración/ Traslado Largo
 4: Noche/Sin vibración/ Traslado Corto
 5: Sin Vibraciones/Tiempo Cero
 10: Noche/Vibración Baja/Traslado Corto

11: Noche/Vibración Baja/Traslado Largo
 12: Noche/Vibración Alta/Traslado Corto
 13: Noche/Vibración Alta/Traslado Largo

Cuadro 16. Textura en carne de pollo relacionada a las vibraciones controladas a través de la plataforma vibratoria durante la noche.

| Textura (g) | TRATAMIENTOS | | | | | | | EEM |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------|
| | 5 | 3 | 4 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Pierna 2 h | 1058.23 ^{bc} ± 52.90 | 1113.45 ^{bc} ± 24.27 | 1341.44 ^b ± 139.40 | 1862.53 ^a ± 98.20 | 1153.94 ^{bc} ± 70.97 | 906.31 ^{cd} ± 43.86 | 688.40 ^d ± 72.90 | 63920.43 |
| Pechuga 2 h | 1251.78 ^{bc} ± 171.67 | 1490.73 ^{abc} ± 96.80 | 1576.94 ^{ab} ± 57.64 | 1816.74 ^a ± 108.22 | 1155.70 ^c ± 69.60 | 1385.56 ^b ± 57.23 | 665.45 ^d ± 45.97 | 91589.97 |
| Pierna 24 h | 1678.24 ^{ab} ± 34.86 | 1019.32 ^{bc} ± 515.64 | 1247.75 ^{bc} ± 36.42 | 766.32 ^c ± 105.72 | 1142.16 ^{bc} ± 86.15 | 2278.00 ^a ± 89.24 | 1376.5 ^{abc} ± 129.08 | 445225.3 |
| Pechuga 24 h | 1606.09 ^b ± 73.17 | 670.43 ^d ± 33.53 | 1170.16 ^c ± 82.33 | 617.46 ^d ± 49.00 | 817.88 ^d ± 38.68 | 2119.77 ^a ± 41.70 | 1603.43 ^b ± 65.59 | 33138.76 |

^{abc} Letras diferentes en mismo renglón muestran diferencia significativa (P<0.05)

3: Noche/Sin vibración/ Traslado Largo
 4: Noche/Sin vibración/ Traslado Corto
 5: Sin Vibraciones/Tiempo Cero
 13: Noche/Vibración Alta/Traslado Largo

10: Noche/Vibración Baja/Traslado Corto
 11: Noche/Vibración Baja/Traslado Largo
 12: Noche/Vibración Alta/Traslado Corto

No obstante, en el cuadro 12 se observó que el color de la pechuga no presentó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) en la medición de luminosidad, coordenada “a” y “b” 2 h después de las mediciones comparadas con el grupo control. 24 h después de las mediciones, la coordenada “b” aumentó ($P < 0.05$) 3.2 unidades el grupo 10 respecto al grupo control. Asimismo, la medición del color la piel no mostró diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) de las mediciones comparadas con el grupo control respecto a luminosidad y a la coordenada “a”. Luego de 24 h, tampoco se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la medición de la luminosidad, coordenada “a” y “b”. La coordenada “b” presentó dos horas después un aumento ($P < 0.05$) de 3.3 unidades promedio en los grupos 3, 4, 10 y 13 comparados con el grupo control.

8.3.3.2. Capacidad de retención de agua (CRA)

En el cuadro 13, se muestra que no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) de las mediciones comparadas con el grupo control en pierna y pechuga 2 h después. Además, tampoco hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en la medición de la pierna 24 h después comparados con el grupo control. Se presentó un aumento ($P < 0.05$) 24 h después de 0.2 mL/100 g en la medición de la pechuga en el grupo 3 comparado con el grupo control.

8.3.3.3. pH

En el cuadro 14, se denota el comportamiento del pH donde se demuestra que no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) de los tratamientos comparados con el grupo control en la medición del pH en la pechuga a 15 min, 2 h y 24 h después de la obtención de la carne, al igual que no presentó diferencias significativa ($P > 0.05$) la medición en pierna 24 h después. Hubo aumento ($P < 0.05$) de 0.52 unidades en la medición de la pierna a los 15 min en los grupos 10 y 11 con respecto al grupo control. En los grupos 10, 11, 12 y 13 se observó un aumento ($P < 0.05$) de 0.42 unidades cuando se midió la pierna 45 min después de la obtención de las muestras de carne comparadas con el grupo control. En el grupo 10 y 11 se presentó un aumento ($P < 0.05$) de 0.33 unidades en comparación al grupo control, cuando se midió la pechuga a los 45 min. La medición en pierna 2 h después presentó un aumento ($P < 0.05$) de 0.3 unidades en el grupo 11 y 13 comparado al grupo control.

8.3.3.4. Temperatura

En el cuadro 15, la medición de la pierna y pechuga en relación a la temperatura a los 15 min aumentó ($P < 0.05$) 3° C promedio en los grupos 10, 11, 12 y 13 en comparación al grupo control. La medición a los 45 min en pierna, la temperatura disminuyó ($P < 0.05$) 3° C en el grupo 3 y 4. En el grupo 12, aumentó ($P < 0.05$) 5.2° C comparado con el grupo control. Asimismo, 2 h después en pierna presentó una disminución ($P < 0.05$) de 1.6° C los grupos 3 y 4, además, en los grupos 11, 12 y 13 aumentó ($P < 0.05$) 1.8° C en comparados con el grupo control. En la pechuga del grupo 3 disminuyó ($P < 0.05$) 1.9° C 2 h después de la obtención de la muestra. En los grupos 11, 12 y 13 aumentó ($P < 0.05$) 1.9° C en comparación con el grupo control. Finalmente, no hubo diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) 24 h después en pierna y pechuga de los tratamientos comparándolos con el grupo control.

8.3.3.5. Textura

La medición de textura (cuadro 16) en la pierna de canal caliente aumentó ($P < 0.05$) 804.3 g en el grupo 10 comparado con el grupo control, a diferencia del grupo 12 y 13 quienes denotaron una disminución ($P < 0.05$) de 260.87g. En la pierna de canal fría se presentó en el grupo 10 una disminución ($P < 0.05$) de 911.9 g comparada con el grupo control. La medición en la pechuga en canal caliente se observó un aumento ($P < 0.05$) de 564.9 g en el grupo 10 y una disminución ($P < 0.05$) de 586.33 g en el grupo 13 en comparación con el grupo control. En la pechuga de la canal fría de hubo una disminución promedio de 818.9 g en los grupos 3, 4, 10 y 11, en el grupo 12 aumentó 513.7 g en comparación con el grupo control.

IX. DISCUSIÓN

9.1. EXPERIMENTO 1. Bienestar animal del pollo de engorda: Factores antemortem

9.1.1. Intercambio de gaseoso

Este estudio mostró alteraciones en la gasometría sanguínea asociada con el estrés inducido por el transporte. En este sentido, después de 3 h de transporte, las aves presentaron un estado de hipoxia que demuestra la reducción en los niveles de PO₂ de forma similar a lo observado en avestruces transportadas este mismo período, sin embargo, cuando el tiempo de transporte de la avestruces se prolonga (6 h), los niveles de PO₂ aumentaron (Vázquez-Galindo *et al.*, 2013). Asimismo, estudios realizados en codornices mostraron cambios en PO₂ después de transportadas durante 95 minutos al medio día a una altitud de 2.165 metros sobre el nivel del mar (González *et al.*, 2007). Estos hallazgos podrían estar relacionados con la altitud, la unidad del volumen sobre la oxigenación a nivel del mar y al incremento de la humedad relativa, lo que dificulta los cambios de temperatura en los pollos y el entorno bajo las condiciones en las que se transportaron al notarse la falta de ventilación y oxigenación pulmonar (Nijdam *et al.*, 2004; DiBartola, 2007; Wideman *et al.*, 2013). Durante el desangrado, las concentraciones de PO₂ no sufrieron cambios con respecto a los valores de referencia sin embargo, Maldonado *et al.*, (2007), a diferencia de éste estudio, señaló que el aumento de la PO₂ se dio en pollos que fueron decapitados y que no tuvieron un período de descanso después del transporte. En contraste, en éste estudio, esto sugiere que las 4 h de descanso antes de la matanza permitió la recuperación de los pollos de la hipoxia que sufrieron durante el transporte. En tanto, los niveles de SO₂, mostraron un comportamiento similar a la de PO₂, ya que disminuyeron inmediatamente después del transporte (72,34±3,21 vs 59,57±3,85), probablemente como resultado de la función pulmonar disminuida por la altitud, o quizá a la reducción de la tensión del oxígeno inspirado (Wideman *et al.*, 1998; Mota-Rojas *et al.*, 2008).

La disminución en las concentraciones de PCO_2 y TCO_2 después del período de reposo, fue referida a un proceso de alcalosis respiratoria o hipocapnia. Este fenómeno también se ha observado en gallinas sometidas a estrés calórico donde les aumentó la tasa respiratoria, el pH sanguíneo y redujo la presión parcial CO_2 sanguínea (pCO_2) así como al bicarbonato (HCO_3) en sangre, lo que finalmente les provocó un estado de alcalosis respiratoria (Bottje y Harrison, 1985; Teteer *et al.*, 1985; Franco-Jiménez y Beck, 2007). Sin embargo, éste estudio no observaron cambios en el pH. Las variantes de temperaturas extremas, ya fueran calurosas o frías, también afectan directamente las concentraciones de pCO_2 . En el presente estudio, las condiciones en que se transportan los pollos sugieren que las bajas temperaturas y el incremento de la humedad relativa fueron la causa del estrés, lo que desencadenó una respuesta compensatoria mediante una mayor dispersión de los valores de pCO_2 . Esto debido a que el metabolismo basal en condiciones de bajas temperaturas tiende a reducirlos, mientras que la hipoventilación en sangre junto con el aumento de la solubilidad del CO_2 tendió a incrementarlos (Ilkiw *et al.*, 1989). Por último, el efecto de consumir y metabolizar la comida que se ofrece durante el período de reposo podría influir negativamente en las concentraciones de pCO_2 en las aves debido a la oxidación completa de los carbohidratos, lípidos y proteínas. El CO_2 se transporta a 80 % por medio de los eritrocitos, donde al combinarse con agua y en presencia de la enzima anhidrasa carbónica se produce ácido carbónico, por lo que dicha reacción se invierte en los pulmones para eliminar CO_2 y agua (Patience, 1990).

9.1.2. Metabolismo energético

La glucosa es uno de los indicadores fisiológicos más comunes de estrés durante el transporte de especies como aves (Savenije *et al.*, 2002; Broom, 2005; Minka y Ayo, 2010). En el presente estudio, las concentraciones de glucosa en la sangre en los pollos aumentaron después de 3 h de transporte, lo que puede estar asociado a la degradación del glucógeno hepático y reservas energéticas que resulta de un proceso de estrés (Tadich *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2009). Zhang *et al.*, (2009) señalan que las concentraciones de glucosa en plasma tienden a disminuirla a medida que el tiempo de transporte se prolonga. En otro estudio, Yue *et al.*, (2010) observaron en pollos que las cantidades limitadas de la variable glucógeno no fueron capaces de proporcionar suficiente glucosa plasmática continua al periodo de ayuno asociado al transporte y la

recuperación se prolongó. El período asociado a la recuperación (3 h) no detuvo el agotamiento de la glucosa en plasma, más bien, la aceleró. Vosmerova *et al.*, (2010) menciona que los pollos pueden experimentar más estrés durante los periodos de transporte cortos a diferencia de los periodos de transporte largos, lo que permite un tiempo suficiente para lograr que se recuperen parcialmente del estrés asociado con el manejo durante los procesos de carga y transporte.

9.1.3. Equilibrio ácido-base

Estudios previos en pollos, bovinos y cerdos han reportado el aumento en las concentraciones de lactato a mayor temperatura ambiente y mayores distancias de transportes (Vosmerova *et al.*, 2010). Sin embargo, en otros trabajos se ha relacionado al aumento de la densidad de carga (0,0350 m²/ave) (Knezacek *et al.*, 2010; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012). En contraste, en el presente estudio no se observan cambios en las concentraciones de lactato después del transporte, en comparación con los valores de referencia. Esto podría estar asociado a la menor densidad de carga utilizada en nuestro trabajo (0,078 m², es decir, 7 aves/jaula vs 10 aves/jaula), que conduce a una reducción de la tensión asociada con el hacinamiento durante el transporte. Además, en éste estudio, los pollos fueron transportados de noche, lo que disminuye el estrés calórico al cual están comúnmente expuestos durante el transporte al matadero. Esta reducción de los niveles de estrés y la ausencia de cambios en las concentraciones de lactato también explicarían la conservación de los niveles de pH en sangre dentro de los rangos fisiológicos normales en las aves post-transporte, post-reposo y al exsanguinado ya que los niveles de pH en la sangre son parcialmente sujetos a cambios en las concentraciones de lactato.

Con respecto a BE y a EBecf, ambos indicadores presentan cambios significativos solamente durante el post-reposo y exsanguinado. Durante estos periodos, las concentraciones de BEecf disminuyeron y aumentaron respectivamente, en comparación con los valores de referencia, sin embargo, las mayores afecciones se observaron durante el desangrado. Estos cambios se atribuyen a la acción amortiguadora del sistema de bicarbonato que neutraliza los aumentos en los niveles de lactato (Bertol *et al.*, 2005). Además, la disponibilidad de alimento durante el reposo pudo haber permitido que los

ácidos inorgánicos y la oxidación incompleta de los carbohidratos, lípidos y proteínas, producir ácidos orgánicos. En condiciones normales, éstos se producen en bajas concentraciones y se metabolizan fácilmente. Asimismo, las dietas ricas en proteínas, así como las formuladas para pollos de engorda son consideradas acidogénicas (Patience, 1990) y cuya consecuencia es la disminución en los niveles de BE y EBefc que conducen animales a un estado de acidosis. De ahí la importancia de utilizar el balance catiónico aniónico en la dieta como criterio de evaluación (Balance Electrolítico de la Dieta, *en inglés BDE*) $BDE: Na^+ K^+ - Cl^-$), ya que estos iones influyen en gran medida a la importancia del equilibrio ácido-base (Mongin, 1981). Borges *et al.*, (2003) observaron que los niveles de BEefc eran los más cercanos a cero (-0,30) en pollos que fueron sometidos a estrés por calor y alimentados con alimento con base a 240 mEq/kg del equilibrio de electrolitos en la dieta (DEB). Así mismo, Borges *et al.*, (2004) observaron que la ingesta de electrolitos óptima en relación con el equilibrio ácido-base puede reducir al mínimo la presencia de EB aproximándolo a cero, lo cual es un valor deseable ya que indica la conservación del equilibrio ácido-base necesaria para mejorar el bienestar (Ahmad y Sarwar, 2006). En tanto, la reducción de THbc observada durante la post-reposo podría estar asociada con un fenómeno de hemodilución y una respuesta adaptativa que permite la pérdida de agua por evaporación sin comprometer el volumen de plasma, ya que la mayoría de la pérdida de agua evaporada viene desde el compartimiento extracelular (Darré y Harrison, 1987). Esto podría dar lugar a la interpretación de que las condiciones de temperatura afectan la termorregulación en las aves que permanecieron en la zona fría del corral de espera durante el reposo. Otros estudios han demostrado que las concentraciones de hemoglobina disminuyeron en todos los pollos experimentales después de la exposición a estrés agudo en el día 42 de edad, lo que concuerda con los hallazgos de Yahav *et al.*, (1997).

9.1.4. Equilibrio hídrico y mineral

Los cambios en el metabolismo mineral son provocados por un desajuste en el estado hormonal inicial como resultado factores de estrés ambiental provocados durante el transporte de los animales, que afecta principalmente las concentraciones de calcio, sodio y los niveles de potasio (Montane *et al.*, 2002). También se ha observado que en estados de estrés, las concentraciones de calcio en el fluido intersticial también aumentan

debido a la alta producción de catecolaminas y de igual forma, por efecto del potencial de membrana celular. Sin embargo, la reducción del nivel de calcio durante el reposo, pudo deberse a la translocación de potasio hacia el interior de las células y a las pérdidas renales y extra-renales causadas por la hipocapnia, sufrida durante este período (Adroque y Madias, 1981). Además, este evento pudo haber desplazado parte de la Ca^{+} al estado ligado a la proteína que causa el estrés inducido por la hipocalcemia (DiBartola, 2007). El aumento de calcio en los fluidos extracelulares conduce a una intensificación considerable de la capacidad de contracción de las células musculares, incluyendo las células del músculo cardíaco (Minka y Ayo, 2010) se puede explicar el incremento de los niveles de calcio durante el exsanguinado.

En cuanto al potasio, la disminución de las concentraciones se mantuvieron luego de haber transportado de a las aves por 3 h, lo que se asemejó a lo reportado en avestruces después transportarlas por 1 h lo (Vázquez-Galindo *et al.*, 2013). También, este efecto ha sido observado después de someter pollos a un proceso de estrés calórico agudo (Hassan y Reddy, 2012). Por otro lado, la disminución en las concentraciones de Na^{+} podría estar relacionada con el Na^{+} que se pierde en el agua del cuerpo derivado de la reducción del volumen de fluido extracelular. Puvadolpirod y Thaxton (2000) observaron que los pollos tratados con ACTH presentaron polidipsia y poliuria durante los períodos de estrés y recuperación, lo que requiere aumentar el consumo de agua para eliminar el ácido úrico metabólico y electrolitos (Olanrewaju *et al.*, 2006). La principal causa de la pérdida de agua en las aves no es la piel sino los pulmones, ya que la frecuencia respiratoria de las aves se acelera a elevadas temperaturas y mediante el jadeo, la evaporación del agua en el ave se convierte en un recurso importante para la disipación de calor (González *et al.*, 2007). Sin embargo, los resultados muestran que las concentraciones de K^{+} y Na^{+} se estabilizaron durante la el reposo, lo que sugiere que las 4 h de descanso ofrecidas fueron suficientes para permitir el restablecimiento de los niveles de minerales y reducir los efectos del estrés inducido por el transporte.

Olanrewaju *et al.*, (2006) mencionan que el porcentaje de hematocrito en pollos aumenta después de la administración de ACTH. El aumento del porcentaje de hematocrito se ha observado con diferentes tiempos de transporte (Tadich *et al.*, 2005; Parker *et al.*, 2007), lo que es causado por deshidratación. Asimismo, el Hematocrito

puede aumentar debido a la contracción esplénica (del bazo) inducida por la actividad del nervio simpático o catecolaminas circulantes (Minka y Ayo, 2010). Por el contrario, en el presente estudio no se observaron cambios de este indicador después del transporte, lo que sugiere que el estrés inducido por este factor fue tolerable por las aves, dándole mayor importancia a la densidad de carga. En los periodos de post-reposo y al desangrado, se observó una disminución del porcentaje de Htc al igual a lo observado por Knowles *et al.*, (1993) quienes encontraron en terneros transportados, una disminución del hematocrito después 9 y 14 h asoció a la recuperación del organismo durante el viaje. También, Knowles *et al.*, (1996) observaron que el volumen del paquete celular (VCP) fue menor mientras el tiempo de transporte se incrementaba y no cambió en relación al tiempo de reposo. En tanto, la disminución en el hematocrito pudo confirmar que el reposo acompañado de agua y comida *ad libitum* durante 4 horas favoreció la hidratación de las aves antes del sacrificio. En conclusión, el transporte genera alteraciones en el intercambio gaseoso y el equilibrio mineral. El periodo de descanso permitió la restauración de intercambio de gases y el equilibrio mineral. Durante el desangrado se exhibieron desequilibrios directamente sobre en el intercambio de gases, equilibrio ácido - base y la energía y el equilibrio mineral.

9.2. EXPERIMENTO 2. Efecto de la duración del transporte

9.2.1. Intercambio gaseoso y pH

La disminución de PCO_2 y PO_2 al momento de arribar a la granja sugiere una alteración del intercambio de gases sanguíneos asociados al estrés del transporte, que resultó en hiperventilación e hipoxia, independientemente del tiempo que dure el transporte los pollos. Estos resultados sugieren que después de 2 h de transporte, las alteraciones de gases sanguíneos provocadas por los agentes estresores asociados al transporte se mantienen constantes hasta por un periodo de 4 h sin generar la muerte del animal debido probablemente por un periodo de adaptación al estrés. Posteriormente durante el periodo de desangrado, se observó que sólo a los grupos que se les proporcionó un reposo de 8 h (CR2 y CR4), pudieron restablecer el proceso previo de hipocapnia que sufrieron inmediatamente después del transporte. Esto tendría explicación en el hecho de que el alimento que consumieron y metabolizaron los pollos durante el periodo de descanso, pudo haber influenciado negativamente las concentraciones de PCO_2 en las aves. Esto debido a que la oxidación incompleta de los carbohidratos, lípidos y las proteínas por lo que el 80% del CO_2 es transportado por los eritrocitos, donde reacciona con el agua en presencia de la enzima anhidrasa carbónica para producir ácido carbónico, una reacción que es revertida en los pulmones para eliminar CO_2 y agua (Patience, 1990). Asimismo, el ácido carbónico, contribuye en la regulación del pH sanguíneo, lo que permite mantener la homeostasis en el animal ya que la mayoría de las enzimas orgánicas actúan a pH fisiológico (Guyton y Hall 2007). Esto coincide con los resultados de nuestro estudio en donde las aves que recibieron reposo restablecieron su pH después de ser alimentadas y descansar. Este resultado obtenido del periodo entre la descarga y sacrificio de los pollos no es suficiente para el restablecimiento gaseoso de las aves antes de ser sacrificadas, lo que afecta su bienestar asociado a un pH elevado.

9.2.2. Equilibrio ácido-base y metabolismo energético

Se sabe que las concentraciones de lactato son el indicador más preciso de estrés, debido a que la relación de esta sustancia no es dependiente del número de horas luz, como es el caso del cortisol, sino que el lactato es un metabolito producido por

glucogenólisis muscular debido a una falla en la producción de la glucosa 6 fosfatasa, que es requerida para la síntesis de glucosa a partir del glucógeno. El lactato que se forma en el músculo es llevado a través de la sangre hacia el hígado donde es transformado en glucosa (Mota-Rojas *et al.*, 2011; Mota-Rojas *et al.*, 2012). Por tanto, el ejercicio muscular que ocurre durante el transporte provoca una alta demanda de oxígeno, lo cual es producto de la contracción muscular sostenida resultando en glucólisis anaerobia y generando así un incremento en el lactato con la consecuente fatiga muscular, lo que a su vez conduce a acidosis metabólica (Becerril-Herrera *et al.*, 2010; Yáñez-Pizaña *et al.*, 2012). Sin embargo, durante el transporte de otro tipo de aves como la codorniz, González *et al.* (2007) reportaron una disminución del lactato después de 95 min de transporte. Asimismo, estudios en avestruz, encontraron que conforme incrementó el tiempo de transporte disminuyeron las concentraciones de lactato sanguíneo (Vazquez-Galindo *et al.*, 2012). No obstante, en éste estudio, todos los grupos experimentales presentaron hiperlactatemia independientemente del tiempo de transporte. Asimismo, la hiperlactatemia al arribo al rastro reportada en nuestro estudio, coincide con el incremento del pH en el mismo periodo. Algunos estudios en pollos han asociado un bajo pH a un proceso de hiperlactatemia como resultado de procesos de estrés (Herpin *et al.*, 1996, Trujillo-Ortega *et al.*, 2007; Becerril-Herreta *et al.*, 2009; Mendoza-Lara *et al.*, 2012).

La valoración de glucosa en sangre, es una de las variables más comúnmente empleadas como indicador de estrés durante el transporte en aves (Savenije *et al.*, 2002; Broom 2003; Minka y Ayo 2009; Vazquez-Galindo *et al.*, 2012). Los resultados obtenidos en este estudio a la ausencia de cambios en la glucemia de los grupos SR2 y SR4, no necesariamente indicaron que las aves no presentaron un proceso de estrés, ya que el ayuno previo, aunado a las horas de viaje y a la exposición a las corrientes de aire durante éste, debieron consumir sus niveles de glucosa plasmática (Dadgar *et al.*, 2011). Esta ausencia de hipoglucemia evidenciaría primero un proceso de glucogenólisis seguido de gluconeogénesis en el que algunas aves estaban obteniendo energía de otras vías como el glucógeno o las grasas (Olanrewaju *et al.*, (2006). En contraste, la disminución en la glucemia de los grupos CR2 y CR4 indicaría el agotamiento de las reservas energéticas que al igual que en los grupos SR2 y SR4, sería independiente del tiempo de transporte. Posteriormente, el estrés adicional que generó la descarga de los animales del vehículo a la llegada al rastro, disminuyó la glucemia en los grupos SR2 y SR4 lo cual se reflejó en

los resultados durante el desangrado. En tanto las 4 y 8 h de acceso a alimento y descanso respectivamente, en los grupos CR2 y CR4 no fueron suficientes para restablecer sus niveles de glucosa sanguínea.

Los resultados encontrados en la glucosa son coincidentes con los de la temperatura en nuestro estudio. Para mantener la temperatura adecuada el ave necesita producir energía a partir de los diferentes procesos metabólicos, sin embargo, los procesos de glucogenólisis y gluconeogénesis antes señalados por los que cursaron las aves de todos los grupos durante el viaje, no les permitió obtener la energía necesaria para evitar la disminución de la temperatura como resultado de la exposición a las corrientes de aire. Asimismo, como se señaló con antelación, al no poder incrementar su glucemia en un periodo de 4 y 8 h de acceso a alimento y descanso, evitó generar la energía suficiente para restablecer su temperatura. Sin embargo, los resultados demuestran que un transporte de 4 h es más agresivo sobre la disminución de la temperatura corporal al momento del desangrado, independientemente de si se les proporciona reposo después del viaje o no.

9.2.3. Equilibrio hídrico y mineral

Una de las principales consecuencias del transporte sobre la fisiología de las aves es la deshidratación, la cual es resultado del aumento de la tasa metabólica cuando la evaporación aumenta (González *et al.*, 2007), ya que ésta se convierte en un recurso importante para disipar el calor (Wiernusz, 1999; Toyomizu *et al.*, 2005). Además en éste estudio se encontró un estado que indicó deshidratación en las aves asociado al estrés del transporte, evidenciado por un estado de hipernatremia en todos los grupos a la llegada al rastro. No obstante, en el reposo de 8 h el proceso de rehidratación fue menor en el grupo que fue transportado por 4 h (CR4) vs el grupo transportado por 2 h (CR2). Esto sugiere que un transporte de 4 h genera mayor hiperosmolaridad en comparación a uno de 2 h, y que un reposo de 8 h aun con agua *ad libitum* no es suficiente para que los pollos restablezcan su osmolaridad.

Un proceso de deshidratación como el antes mencionado, resulta generalmente en hemoconcentración, lo que explicaría al aumento del HTC encontrado en todos los grupos

experimentales al arribo al rastro, resultado que coincide con la hipernatremia y deshidratación en todos los grupos en el mismo periodo. Asimismo, el incremento en el HTC en conjunto con la disminución de la PO_2 como la observada en el presente estudio puede relacionarse a un incremento en la tasa metabólica, necesaria para satisfacer las demandas energéticas durante la exposición a procesos de estrés (González *et al.*, 2007).

Finalmente, el aumento en las concentraciones de calcio al arribo después del transporte podría explicarse por el aumento de la actividad muscular durante el viaje con la consiguiente obtención de calcio por aumento de la hormona paratohormona (Orozco-Gregorio *et al.*, 2010).

9.3. EXPERIMENTO 3. Valoración del efecto vibratorio en la calidad de la carne

9.3.1. Valoración del perfil fisiometabólico

Si bien, el análisis de las variables pH, pCO₂, pO₂ y HCO₃⁻ han sido utilizadas para identificar alteraciones asociadas al equilibrio ácido-base en animales domésticos (Becerril-Herrera *et al.*, 2010), en el presente estudio se encontraron alteraciones que experimentaron los pollos en términos de equilibrio ácido-base, metabolismo energético e intercambio gaseoso. Sin embargo, durante el día, en cuanto a los indicadores ácido-base, los pollos presentaron un incremento de pH sanguíneo, pO₂ y SO₂, seguido de la reducción de los niveles de pCO₂, HCO₃⁻ y BE en ambas condiciones ambientales, independientemente del tiempo de la duración y de la intensidad de las vibraciones. Lo anterior podría ser consecuencia de una hiperventilación debido a un aumento de la frecuencia respiratoria con el fin de proporcionar un incremento de la cantidad de oxígeno disponible en los tejidos, llevando a los pollos incluso a un estado de alcalosis respiratoria (Raup y Bottje, 1990; Franco-Jimenez y Beck, 2007) o a un estado de hipertermia. No obstante, el incremento del pH y la pronta disminución de pCO₂ por el que cursaron los pollos de T1 y que fueron sometidos a VA durante el día, podría reflejar un efecto compensatorio. Aunado a ello, Quiao *et al.*, (2001) afirman que el pH es un componente fundamental en el metabolismo de las aves, el cual puede ser utilizado para determinar la homeostasis del organismo, ya que las actividades enzimáticas y procesos metabólicos requieren controlar el pH dentro de los límites estrechos (Roldan-Santiago, *et al.*, 2011). Por otro lado, en lo que respecta a las condiciones ambientales de noche, la disminución de la concentración de PO₂ en ambas intensidades vibratorias y ambos tiempos de transporte simulado, podría ser explicado por los hallazgos reportados por Nijdam *et al.*, (2004) quienes asocian dicho efecto al incremento de la humedad relativa, ya que ésta dificulta el intercambio térmico de las aves con relación al ambiente donde se confinan.

En cuanto al metabolismo energético, el incremento de los niveles de glucosa sanguínea en los pollos que fueron vibrados durante la noche podría indicar que las aves utilizaron una ruta metabólica alterna de condición anaeróbica para la obtención de energía mediante la movilización de las reservas de glucógeno hepático y grasa. No

obstante, las razones para aumentar o mantener la glucosa en sangre debido al estrés, son múltiples. Asimismo, Olanrewaju *et al.*, (2006) mencionan que el estrés físico causa un aumento de las catecolaminas la secreción resultante en la hiperglucemia. Además, las aminos neurogénicas como la adrenalina (epinefrina), noradrenalina y glucocorticoides tienden a aumentar las concentraciones de glucosa en sangre mediante la inducción de la degradación de glucógeno convertido a glucosa en el hígado. No obstante, algunos estudios han encontrado que los pollos estresados normalmente muestran niveles plasmáticos de glucosa elevados hasta por restricción de alimento (Weber *et al.*, 1990). Sin embargo, en el presente estudio, las aves durante el día manifestaron disminución en los niveles de glucosa sanguínea, lo que puede asociarse al ayuno que las aves recibieron previamente a las vibraciones, exposición a las corrientes de aire y temperatura durante el experimento (Dadgar *et al.*, 2011).

Por otro lado, el ejercicio o tensión muscular que ocurre durante las vibraciones provoca una alta demanda de oxígeno (diminución de $p\text{CO}_2$), lo cual, es producto de la contracción muscular sostenida, resultando en glucólisis anaerobia generanda por el incremento de lactato con la consecuente, fatiga muscular. Esto a u vez, conduce a acidosis metabólica, lo que explicaría el incremento de este metabolito en todos los pollos independientemente de la condición ambiental, tiempo y frecuencia de las vibraciones (Becerril-Herrera *et al.*, 2010; Mota-Rojas *et al.*, 2011; Mota-Rojas *et al.*, 2012; Yáñez-Pizaña *et al.*, 2012). Asi tambien, Zangh *et al.*, (2009) encontraron las concentraciones de lactato incrementadas después de transportar pollos por 3 h.

En cuanto a la disminución de HCO_3^- , BE, $t\text{CO}_2$ a favor de los cambios en la respiración de los pollos durante T1 y T2 sometidos a VA y VB se pudiera señalar que son una consecuencia de la acción amortiguadora del sistema bicarbonato para neutralizar el incremento de lactato sanguíneo (Guyton y Hall 2007). Asimismo, el considerable aumento de la concentración de lactato en sangre en los pollos sometidos a un manejo de alta y baja intensidad vibratoria puede estar relacionada con la escasa utilización de oxígeno debido a la limitación de las tasas de flujo sanguíneo, respiración y aporte de oxígeno a los tejidos (Bertol *et al.*, 2005).

Por otro lado, con relación al equilibrio mineral, Montane *et al.*, (2002) mencionan que los cambios en el metabolismo mineral provocados por un ajuste en el estado hormonal, son resultado de factores de estrés ambiental provocados durante el transporte de los animales afectando principalmente los niveles de Ca^{++} , Na^+ y K^+ . En el presente estudio, el efecto de la intensidad vibratoria sobre el transporte simulado durante el día y la noche provocaron el incremento de los niveles de Na^+ , efecto que ha sido observado en procesos de estrés al aumentar la liberación de las hormonas vasopresina y aldosterona. Esto a su vez, aumenta la reabsorción Na^+ por los colectores tubulares de los riñones (Lierz, 2003) resultando en el un aumento de la osmolaridad plasmática y estímulos conocidos para modificar la secreción de vasopresina que incluyen dolor, movimientos (estrés) y el ejercicio. Sin embargo, esto podría explicar la hipernatremia observada inmediatamente después de someter a los pollos a dos diferentes intensidades de vibraciones.

Así, durante la noche, el incremento de los valores de K^+ en los pollos de T2 que fueron sometidos a VB puede deberse a lo reportado por Vazquez-Galindo *et al.*, (2013) quienes mencionan que el incremento de los niveles de K^+ durante la noche se asocian al incremento de la estimulación hormonal mediante la adrenalina, la cual es una de las principales hormonas implicadas en los procesos de estrés. Asimismo, se ha demostrado que cuando está presente el efecto glucogenolítico de esta hormona aumenta mediante la estimulación de receptores beta-2; factores que estimulan NAK-ATPasa y por lo tanto reducen plasmática de K^+ .

Así, la disminución de calcio sanguíneo después de la fase vibratoria observada durante la noche, puede ser producto del ejercicio físico, debido a que el metabolismo energético celular incrementa, haciendo que ocurran cambios notables en las concentraciones de electrólitos y minerales en los diferentes compartimentos tisulares. De esta forma, un aumento en las contracciones musculares lleva a un incremento en los requerimientos de calcio y a una mayor utilización de las reservas de este mineral y posteriormente a la disminución en los niveles séricos (García *et al.*, 1999; Borges *et al.*, 2003). Sin embargo, en la alcalosis aguda (como se observó en este estudio), la disminución de la concentración de ión hidrógeno en plasma desplazan las formas de equilibrio del Ca^{++} (unido a proteínas, formando complejos con citrato o fosfato del ión

Ca⁺⁺) hacia la derecha, aumentando la concentración de Ca⁺⁺ unido a proteínas y acomplejado (con citrato o fosfato). El efecto inmediato es una disminución de la concentración de ión Ca⁺⁺ en plasma (Mendoza-Lara *et al.*, 2012).

Finalmente, el incremento de Htc y THbc a través de la reducción de pO₂, pudo relacionarse al incremento de la actividad metabólica necesaria para satisfacer las demandas de energía a consecuencia del estrés provocado por las vibraciones. Adicionalmente, el incremento de Htc y Hb sugieren un aumento de la eritropoyesis como una reacción compensatoria a la falta de O₂ en los tejidos de los pollos (Olanrewaju *et al.*, 2006).

9.3.2. Valoración de la calidad de la carne

El color es una de las propiedades más importantes en la calidad de la carne, siendo un indicador de frescura, manejo premortem, contaminación microbiana, etc. De acuerdo al sistema Lab, el color se determina por tres parámetros descritos anteriormente en la presente tesis. En los cuadros de día y noche del color, se observa la medición de los valores medios de el parámetro de luminosidad, el cual indica la cercanía de la muestra a negro absoluto (L=0) o a blanco absoluto (L=100), por tanto, entre mayor sea el valor, más pálida será la muestra de carne (Aguilar, 2006). Respecto al color, se encontró que la carne de aves sometidas a vibración baja, tuvo menores índices de L* y b* y mayores índices de a* con vibraciones bajas y transporte largo respecto a los periodos de día y noche. Bautista, (2013) reportó resultados similares en otras investigaciones, los cuales son valores de 52.5 a 54.1 de L* y 12.54 a 14.93 de b* en aves sometidas a estrés intenso por transporte antes de la matanza (Stern *et al.*, 1995; Yue *et al.*, 2010) y calor (Howlinder y Rose, 1989; Sandercock *et al.*, 2001; Schneider *et al.*, 2012). Estos valores son característicos de carne PSE, debido a que tienen un color más pálido y menor color rosado que el de la carne normal (Owens y Sams, 2000), lo que se explica por el incremento en la dispersión de la luz (Lawrie, 1998; Swatland, 1993) causada por la desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas (McKee y Sams, 1997; Wynveen *et al.*, 1999).

En la variable de capacidad de retención de agua se puede destacar que la carne se vio afectada por la exposición de las aves al traslado largo en la noche y la vibración alta con traslado corto día, presentó aumento de CRA, a diferencia de Bautista (2013), menciona que la carne de aves sometidas a estrés calórico al tener un pH final bajo cercano al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares aumenta la desnaturalización de las mismas, reduciendo considerablemente su CRA (Barbut et al., 2005); el resultado es carnes PSE debido a la poca capacidad de retener líquidos. Desde el punto de vista del procesamiento, su baja retención de agua la hace inadecuada para la elaboración de productos cárnicos (Alvarado y Sams, 2003), siendo el caso que se obtuvo en nuestros resultados un aumento de CRA, haciendo esta carne apropiada para la elaboración de productos de emulsión cárnica y jamones cocidos (Qiao *et al.*, 2002; Alvarado y Sams, 2003).

Con respecto a la temperatura de la carne de pollo se vio afectada con traslados cortos o largos en el día, teniendo efecto ascendente de temperatura promedio de 6° C en comparación con el grupo control, tanto en pechuga como en pierna desde los 15 min hasta la medición de las 2 h, la cual comenzó a descender hasta las 24 h paulatinamente, más del 50 % de la temperatura inicial de la carne después del sacrificio. En la medición nocturna, la carne de pollo a los 15 min y a las 2 h disminuyó tanto en pechuga como en pierna 3° C en promedio cuando no hubo vibración. Al tomar las lecturas a los tratamientos con las diferentes intensidades de vibración y ambos traslados se observó afectación con temperaturas altas desde los 15 min hasta las 2 h, disminuyendo más del 50 % paulatinamente a las 24 h.

En la medición del pH día y noche, se presentó en el músculo de la pierna un efecto de aumento de este parámetro cuando hay vibración y sometido a ambos traslados. Bautista (2013), encontró que en el tratamiento con 8 h de espera de la matanza ocasionó un valor de pH alto en la carne, típico de la carne OFS (Barbut *et al.*, 2005). Que indica que las aves enjauladas en esta condición ocasiona una disminución del glucógeno muscular, y en consecuencia una menor caída del pH, por una menor producción de ácido láctico (Zhang *et al.*, 2009). En cambio en el músculo de la pechuga se observó un favorecido descenso de pH de los 45 min a las dos horas cuando hay traslados cortos sin vibración, pero afectó el ascenso del pH cuando se les da traslados cortos con

vibraciones de ambas intensidades. A las 24 h los músculos de la pierna y la pechuga hacen un descenso del pH paulatinamente. La variación de ambos músculos tanto en pH como en temperatura pudo deberse al diferente metabolismo de los músculos de la pechuga y pierna. Sayas y Fernández (2006) mencionan que los componentes estructurales del músculo influyen sobre la calidad de este, ya que muchas de las características de calidad están ligadas a la estructura del sistema protéico muscular así como a las reacciones químicas que en él se realizan. En la investigación de Bautista (2013), encontró datos similares con el estrés calórico ante-mortem produciendo valores de pH menores a los de la carne normal (~5.8-5.9) considerados valores típicos de carne que ha desarrollado la condición PSE (Barbut *et al.*, 2005); esto se explica porque el estrés ante-mortem induce una mayor liberación de calcio del retículo sarcoplásmico, el cual acelera la glucólisis muscular post-mortem, produciendo una mayor cantidad de ácido láctico que disminuye el pH de la carne (Yue *et al.*, 2010).

La textura es un factor importante ya que muchas veces de ella depende la aceptación de un producto cárnico por el consumidor (Rammouz *et al.*, 2004; Zhuang y Savage, 2012). La textura en carne se vio afectada tanto en periodo día como de noche, en canal caliente pierna y pechuga día se presentó que cuando hay traslados largos y vibraciones altas hay mayor dureza en la carne de pollo, en canal fría tiende a disminuir la dureza de la carne cuando hay ambos traslados y vibraciones. Por la noche en canal caliente de pechuga y pierna se observó mayor dureza cuando los traslados son cortos y con una vibración baja, pero menor dureza cuando hay vibración alta y ambos traslados. En cuanto a la canal fría en pierna y pechuga hay suavidad en la carne cuando hay ambos traslados y una dureza cuando se someten a vibración alta y traslados largos. Desde el punto de vista estructural, el músculo posee dos componentes principales: las proteínas contráctiles o fibras musculares que son las que permiten al músculo trabajar y el tejido conectivo que forma el marco flexible que contienen a las proteínas que trabajan y son los que fijan los músculos a la estructura esquelética (Quass y Briskey, 1968; Petracci y Cavani, 2012); en la pierna existen mayor cantidad de tejido conectivo debido a su función en el organismo y esto hizo que la dureza de la pierna fuera mayor en casi todos los tratamientos (Quass y Briskey, 1968).

X. CONCLUSIONES

10.1. Bienestar animal del pollo de engorda: Factores antemortem

En el presente estudio, el transporte generó alteraciones en el intercambio gaseoso y el equilibrio mineral. El período de descanso permitió la restauración de intercambio de gases y el equilibrio mineral. Durante el exanguinado se exhibieron desequilibrios en el intercambio gaseoso, equilibrio ácido-base, metabolismo energético y el equilibrio mineral.

10.2. Duración del transporte

Los resultados del presente estudio demuestran que independientemente de las horas (2 o 4 h) que sean transportados los pollos al rastro, el transporte resulta en hipercapnia, hipoxia, hiperlactatemia, aumento de la tasa metabólica con el consecuente consumo de glucosa e hipernatremia. Sin embargo, nuestras observaciones sugieren que un reposo de 8 h permite restablecer el pH sanguíneo, las concentraciones de lactato y los niveles de glucosa. No obstante, este periodo de reposo no es suficiente para que las aves restablezcan su equilibrio hídrico.

10.3. Valoración del efecto vibratorio en la calidad de la carne

Las características fisicoquímicas de la carne de pollo se vieron afectados particularmente por el periodo diurno expuestas las aves de engorda, perjudicando el pH, color, CRA, textura y temperatura interna en todos sus tratamientos. Las vibraciones bajas por periodos cortos denotaron más anomalías en las características de la carne.

Con los resultados de esta investigación, se puede determinar que el transporte de las aves de día con vibración de alta intensidad, la carne se aprecia con características fisicoquímicas no deseables ni aptas para el consumidor.

XI. REFERENCIAS

- Abeyesinghe, S. M., Wathes, C. M., Nicol, C. J. y Randall, J. M. 2001. The aversion of broiler chickens to concurrent vibrational and thermal stressors. *Applied Animal Behaviour Science* 73:199-215.
- Adroque, H.J. and Madias, N.E. 1981. Changes in plasma potassium concentration during acute acid-base disturbances. *American Journal of Medicine* 71:456-467.
- Aguilar.G.J. 2006. Calidad de carne de cordero con dietas suplementadas con selenio y magnesio. Especialización en Biotecnología Universidad Autónoma Metropolitana .55-66.
- Ahmad, T. and Sarwar, M. 2006. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. *Worlds Poultry Science Journal* 62:638-653.
- Ali, B., A. Al-Qarawi y Mousa, H. 2006. Stress associated with road transportation in desert sheep and goats and the effect of pretreatment with xylazine or sodium betaine. *Research in Veterinary Science* 80: 343-348.
- Almeida, P. I. C. L., Garófallo, G. R., Bernardi, R., Oliveira, S. L., de Acar, N. I. y Ribeira, C. F. 2013. Locomotor problems in broilers reared on new and re-used litter. *Italian Journal of Animal Science* 12, e45.
- Alvarado, C. Z, y Sams, A. R. 2003. Injection marination strategies for remediation of pale, exudative broiler breast meat. *Poultry Science* 82:1332-1336.
- Amakiri, A. O., Owen, O. J. y Etokeren, E. S. 2011. Broiler Chicken's Growth Rate In Three Different Nocturnal Lighting Regimes. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 11.
- Barbut, S., Zhang, L. y Marcone, M. 2005. Effects of pale, normal, and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated fillets. *Poultry Science* 84:797-802.
- Bayliss, P. A. y Hinton, M. H. 1990. Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *Applied Animal Behavior Science* 28:93–118.
- Bautista, M. Y. 2013. Efecto de estrés ante mortem en características bioquímicas que afectan la calidad de la carne de pollo. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. 28-32.
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Lemus-flores, C., Guerrero-Legarreta, I., Hernández, A., Ramirez-Necoechea, R., y Mota-Rojas, D. 2009. CO₂ stunning may compromise swine welfare compared to electrical stunning. *Meat science* 81: 233-237.

- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Trujillo-Ortega, M.E., Guerrero-Legarreta, I., Ramirez-Necoechea, R., Roldan-Santiago, P. y Mota-Rojas, D. (2010) Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16 h to an Abattoir. *Meat Science* 86:945-948.
- Beker, A., Vanhooser, S. L., Swatzlander, J. H. y Teeter, R. G. 2004. Atmospheric ammonia concentration effects on broiler growth and performance *Journal Applied Poultry Research* 13: 5-9
- Benoff, F. H. 1984. How to get broiler in at the correct weight. *Broiler industry* 12: 24-30.
- Bertol, T.M., Ellis, M., Hamilton, D.N., Johnson, E.W. y Ritter, M.J. 2005. Effects of dietary supplementation with L-carnitine and fat on blood acid-base responses to handling in slaughter weight pigs. *Journal of Animal Science* 83:75-81.
- Bilgili, S. F. 1992. Electrical stunning of broilers basic concepts and carcass quality implications: A review. *Journal Applied Poultry science* 1: 135-146.
- Bilgili, S. F. 2002. Slaughter quality as influenced by feed withdrawal. *World's Poultry Science Journal* 58:123-130.
- Borges, S.A., da Silva, A.V., Ariki, J., Hooge, D.M. y Cummings, K.R. 2003. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poultry Science* 82:301-308.
- Borges, S.A., Fisher da Silva, A.V., Tavares, M.A.S., Maiorka, A. y Ostrensky, A. 2004. Electrolyte Balance in Broiler Growing Diets. *International Journal of Poultry Science* 3:623-628.
- Bessei, W. 2004. Stocking density. In measuring and auditing broiler welfare. ed C Weeks and A Butterworth, CABI Publishing: 133-143.
- Bottje, W.G. y Harrison, P.C. 1985. Effect of carbonated water on growth-performance of cockerels subjected to constant and cyclic heat-stress temperatures. *Poultry Science* 64:1285-1292.
- Broom, D.M. y Corke, M.J. 2002. Effects of disease on farm animal welfare. *Acta Veterinaria Brno* 71:133-136.
- Broom, D. M. 2003. Causes of poor welfare in large animals during transport. *Veterinary Research Communications* 27: 515-518.
- Broom, D.M. 2005. The effects of land transport on animal welfare. *Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties* 24: 683-691.
- Brown, J. A., Samarakone, T. S., Crowe, T., Bergeron, R., Widowski, T., Correa, J. A., Faucitano, L., Torrey, S. y Gonyou, H. W. 2011. Temperature and humidity conditions in trucks transporting pigs in two seasons in Eastern and Western Canada. *Transactions of ASABE* 54: 2311-2318.

- Castañeda, S. M. P. 2011. Factores involucrados en la calidad de la carne de pollo. *Nacameh*, 5, S84-S95. <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>
- Craig, E. W. y Fletcher D. L. 1997. A comparison of high current and low voltage electrical stunning system on broiler breast rigor development and meat quality. *Poultry Science* 76:1178-1181.
- Code of practice for the transport of poultry in Western Australia (CPTPWA). (2003). poultry transport.1-18.
- Corbridge C. y Griffin M. J. 1986. Vibration and comfort: vertical and lateral motion in the range 0.5-5.0 Hz. *Ergonomics* 29:249-272.
- Dadgar, S., Lee, E. S., Leer, T. L., Burlingette, N., Classen, H. L., Crowe, T. G. y Shand, P. J. 2010. Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle. *Poultry Science* 89:1033-41.
- Dadgar, S., Lee, E. S., Leer, L. V., Crowe, T. G., Classen, H. L. y Shand, P. J. 2011. Effect of acute cold exposure, age, sex, and lairage on broiler breast meat quality. *Poultry Science* 90:444-457.
- Dadgar, S., Crowe, T. G., Classen, H. L., Watts, J. M., y Shand, P. J. 2012. Broiler chicken thigh and breast muscle responses to cold stress during simulated transport before slaughter. *Poultry Science* 91:1454-1464.
- Danofre, A. C., Iran José Oliveira da Silva. y Aérica Cirqueira Nazareno. 2014. Mechanical vibration: what is the importance of this physical quantity in the poultry transport? *Journal Animal Behaviour Biometeorology* 2:20-25.
- Darre, M.J. and Harrison, P.C. 1987. Heart-rate, blood-pressure, cardiac-output, and total peripheral resistance of single comb white leghorn hens during an acute exposure to 35-c ambient-temperature. *Poultry Science* 66:541-547.
- Dawkins, M. S., Donnelly, C. A. y Jones, T. A., 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427:342-344.
- Debut, M., Berri, C., Baeza, E., Sellier, N., Arnould, C., Guemene, D., Hehl, N., Boutten, B. Jego, Y., Beaumont, C. y Le Bihan Duval, E. 2003. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and pre-slaughter stress conditions. *Poultry Science* 82:1829-1838.
- Delezie, E., Swennen, Q., Buyse, J. y Decuypere, E. 2007. The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight. *Poultry Science* 86:1414-1423.
- Dibartola, S. P. 2007 Introduction to acid-base disorders: fluid, electrolyte and acid-base imbalances in small animals. In: Dibartola, S.P. (Eds) *Veterinarias, Multyimedica Editions*, pp. 229-251 (Barcelona).

- Doktor, J. y Połtowicz, K. 2009. Effect of transport to the slaughterhouse on stress indicators and meat quality of broiler chickens. *Annals of Animal Science* 9: 307-317.
- Duncan, I. J. H. 1989. the assessment of welfare during the handling and transportation of broilers. Proc. Third European Symposium on Poultry Welfare. J. M. Faure and A. D. Mill, ed. French Branch of the World's Poultry Science Association, Tour, France, pp93.
- Einat, M. F., Haberfeld, A., Shamay, A., Horev, G., Hurwitz, S. y Yahav, S. 1996. A novel 29-kDa chickens heat shock protein. *Poultry Science* 75:1528-1530.
- European Food Safety Authority. 2004. Welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animal. *The EFSA Journal* 45:1-29.
- European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. 2013. Scientific Opinion on monitoring procedures at slaughterhouses for poultry. *The EFSA Journal* 11:3521.
- Elrom, K. 2000. Handling and transportation of broilers-welfare, stress, fear and meat quality. Part IV: Handling of broilers. *Israel Journal Veterinary Medicine* 55:121-125.
- Estevez, I. 2007 Density allowances for broilers: Where to set the limits? *Poultry Science* 86:1265-1272.
- Farm Animal Welfare Council. 1992. Report on the Welfare of Broiler Chickens: PB 0910. Tolworth, UK: FAWC.
- Fazio, E y Ferlazzo, A. 2003. Evaluation of stress during transport. *Veterinary Research Communications* 27:519-524.
- Fischer, K. 1996. Transport of slaughter animals; effects, weaknesses measures. *Fleischwirtschaft* 76:521-526.
- Fletcher, D. L. 1993. Stunning of broilers. *Broiler Industry* 56: 40-46.
- Franco-Jimenez, D.J. y Beck, M.M. 2007. Physiological changes to transient exposure to heat stress observed in laying hens. *Poultry Science* 86:538-544.
- Freeman, B. M., Kettlewell, P. J., Manning, A. C. y Berry, P. S. 1984. Stress of transportation for broilers. *Veterinary Record* 114:286-7.
- Gallo, C. 2008. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. *Veterinaria Italiana* 44: 113-120.
- Garcia, D. B., Silva, I. J. O., Barbosa Filho JAD, Vieira, F. M. C. y Dias, C. T. S. 2008. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. *Proceedings Livestock Environment* 8:1-8.
- Gebresenbet G, Aradom S, Bulitta F. S. y Hjerpe E. 2011. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. *Biosystems Engineering* 110: 10-19.

- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guardia, M.D., Coll, C., Siggens, K., Harvey, K., y Diestre, A. 2000. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science* 55: 97-106.
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M. A., Guardia, M.D., Coll, C., Siggens, K., Harvey, K. y Diestre, A. 2009. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig comercial abattoirs. *Meat Science* 55:97-106.
- Gonzalez, A.V., Rojas, G.C., Aguilera, A.E., Flores-Peinado, S.C., Lemus-Flores, C., Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Ramírez-Necoechea, R. y Mota-Rojas, D. 2007. Effect of heat stress during transport and rest before slaughter, on the metabolic profile, blood gases and meat quality of quail. *International Journal Poultry Science* 6:397-402.
- Gregory, N. G. 1998. Animal Welfare and Meat Science. CABI Publishin, New York, USA. Pp. 223-240.
- Gregory, N.G. y L.J. Wilkins, 1990. Broken bones in chickens: Effects of stunning and processing in broilers. *British Poultry Science* 31:53-58.
- Guyton, A. C., y Hall, J. E. 2007. Regulación del equilibrio ácido-base. In A.C.Guyton y J. E. Hall (Eds.), *Tratado de fisiología médica* (11th ed., pp. 342-356). Madrid: Elsevier.
- Hassan, A.M. y Reddy, P.G. 2012. Early age thermal conditioning improves broiler Chick's response to acute heat stress at marketing age. *American Journal Animal Veterinary Science* 7:1-6.
- Heath, G. E., Thaler, M. A. y James, O. W. 1994. A survey of stunning methods surrently used during slaughter of poultry in comercial poultry plants. *Journal Applied Poultry Research* 3:297-302.
- Herpin, P., Le Dividich, J., Hulin, J. C., Fillaut, M., De Marco, F. y Bertin, R. 1996. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *Journal Animal Science* 74:2067-2075.
- Holm, C. G. P. y Fletcher, D. L. 1997. Antemortem holding temperatures and broiler breast meat quality. *Journal Applied Poultry Research*, 6:180-184.
- Howlinder, M.A.R., y Rose, S. P. 1989. Rearing temperature and meat yield of broilers. *British Poultry Science* 34:925-938.
- Hunter, R.R., Mitchell, M.A., Carlisle, A.J., Quinnm A.D., Kettlewell, P.J., Knowles, T.G. y Warriss, P.D. 1998. Physiological responses of broilers to pre-slaughter lairage: effects of the thermal micro-environment?. *British Poultry Science* 39:S53-S54.

- Ilkiw, J.E., Davis, P.E. y Church, D.B. 1989. Hematologic, biochemical, blood-gas, and acid-base values in greyhounds before and after exercise. *American Journal of Veterinary Research* 50:583-586.
- Ingling, A. L. y Kuenzel, W. J. 1978. electrical terminology, measurements and units associated with stunning technique in poultry processing plants. *Poultry Science* 57:127-133.
- Kannan, G. y Mench, J. A. 1996. Influence of different handling methods and crating periods on plasma corticosterone levels in broilers. *British Poultry Science* 37: 21-31.
- Kataria, N., Kataria, A. K. y Gahlot, A. K. 2008. Ambient temperature- associated variations in serum hormones and interrelated analytes of broiler chickens in arid tract. *Slovenian Veterinary Research* 45:127-133.
- Kettlewell, P., Mitchell, M. y Meehan, A. 1993. The distribution of thermal loads within poultry transport vehicles. *Agricultural Engineer* 48:26-30.
- Knezacek, T.D., Olkowski, A.A., Kettlewell, P.J., Mitchell, M.A. y Classen H.L. 2010 Temperature gradients in trailers and changes in broiler rectal and core body temperature during winter transportation in Saskatchewan. *Canadian Journal of Animal Science* 90:321-330.
- Knowles, T.G. y Broom, D.M. 1990. The handling and transport of broilers and spent hens. *Applied Animal Behavior Science* 28:75-91.
- Knowles, T.G., Warriss, P.D., Brown, S.N., Kestin, S.C., Rhind, S.M., Edwards, J.E., Anil, M.H. y Dolan, S.K. 1993. Long-distance transport of lambs and the time needed for subsequent recovery. *Veterinary Record* 133:286-293.
- Knowles, T.G., Ball, R.C., Warriss, P.D. y Edwards, J.E. 1996. A survey to investigate potential dehydration in slaughtered broiler chickens. *British Veterinary Journal* 152:307-314.
- Knowles TG, Warriss PD. 2007. Stress physiology of animals during transport. In: Grandin T. (ed.), *Livestock Handling and Transport*, 3rd edn. pp. 312–318. CABI, Wallingford, CT.
- Knowles, T. G., Kestin, S. C., Haslam, S. M., Brown, S. N., Green, L. E., Butterworth, A., Pope, J. S., Pfeiffer, D. y Nicol, J. C. 2008. Leg Disorders in Broiler Chickens: Prevalence, Risk Factors and Prevention. *PLoS ONE* 3: e1545.
- Kranen, R. W., Veerkamp, C. H., Lambooy, E., Van Kuppevelt, T. H. y Veerkamp, J. H. 1998. The effect of thermal preslaughter stress on the susceptibility of broiler chickens differing with respect to growth rate, age at slaughter, blood parameters, and ascites mortality, to hemorrhages in muscles. *Poultry Science* 77:737-744.
- Lacy, M. P. y Czarick, M. 1998. Mechanical harvesting of broilers. *Poultry Science* 77: 1794-1797.

- Lawrie, R. A. 1998. Ciencia de la carne. 4ª Ed. Zaragoza, España. p 425.
- Lierz, M. 2003. Avian renal disease: pathogenesis, diagnosis, and therapy. *Veterinary Clinics Exotics Animals* 6: 29–55.
- Lin, H., Du, R., Gu, X. H., Li, F. C. y Zhang, Z. Y. (2000). A study on the plasma biochemical indices of heat-stressed broilers. *Asian-australas. Journal Animal Science* 13: 1210-1218.
- Lin, H., Decuypere, E. y Buyse, J. 2006. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry Physiology A: Molecular and Integrative Physiology* 144: 11–17.
- Luger, D., Shinder, D., Wolfenson, D. y Yahav, S. 2003. Erythropoiesis regulation during the development of ascites syndrome in broiler chickens: A possible role of corticosterone. *Journal Animal Science* 81: 784–790.
- Maldonado, M.J., Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Flores-Peinado, S., Camacho-Morfin, D., Cardona-Leija, A., Ramirez-Necoechea, R., Morfin-Loyden, L., Gonzalez-Lozano, M., Pereda-Solis, M.E. y Alonso-Spilsbury, M. 2007. Broiler welfare evaluation through two stunning methods: Effects on critical blood variables and carcass yield. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6:1469-1473.
- Marian Stamp, D. M., Christl A. Donnelly, C.A.y Jones, T.A. 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427: 342-344.
- McKee, S. R., y Sams, A. R. 1997. The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. *Poultry Science* 76: 1616-1620.
- McNeal, W. D. y Fletcher, D. L. 2003. Effects of high frequency electrical stunning and decapitation on early rigor development and meat quality of broiler breast meat. *Poultry Science* 82: 1352-1355.
- McNeal, W. D., Fletcher, D. L. y Buhr, R. J. 2003. Effects of stunning and decapitation on broiler activity during bleeding, blood loss, carcass and breast meat quality. *Poultry Science* 82: 163-168.
- Mench, J.A. 1992. The welfare of poultry in modern production systems. *Poultry Science Reviews* 4:107-128.
- Mendoza-Lara, A., Orozco-Gregorio, H., Ramírez-Necoechea, R., Caballero-Chacón, S., Hernández-González, R., Becerril-Herrera, M., Mora-Medina, P. y Mota-Rojas, D. Physiometabolic profile of Belgian Malinois Shepherd and Dutch Shepherd dogs in response to a training session for French Ring. *Archivos de Medicina Veterinaria* 44: 137-144.

- Minka, N.S. y Ayo, J.O. 2010. Physiological responses of food animals to road transportation stress. *African Journal of Biotechnology* 9: 6601-6613.
- Mitchell, M.A., Kettlewell, P.J. y Maxwell, M.H. 1992. Indicators of physiological stress in broiler chickens during road transportation. *Animal Welfare* 1:91-103.
- Mitchell, M. y P. Kettwell. 1994. Road transportation of broiler chickens: induction of physiological stress. *World's Poultry Science Journal* 50: 57-59.
- Mongin, P. 1981. Recent advances in dietary anion-cation balance - applications in poultry. *Proceedings of the Nutrition Society* 40:285-294.
- Montane, J., Marco, I., Lopez-Olvera, J., Manteca, X. y Lavin, S. 2002. Transport stress in roe deer (*Capreolus capreolus*): Effect of a short-acting antipsychotic. *Animal Welfare* 11:405-417.
- Moran, E.T., Jr y Bilgili, S. F. 1995. Influences of broiler livehaul on carcass quality and futher-processing yields. *Journal Applied Poultry Research* 4: 13-22.
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Lemus, C., Sánchez, P., González, M., Olmos, S. A., Ramírez, R. y Alonso-Spilsbury, M. 2006. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science* 73: 404-12.
- Mota-Rojas, D., Maldonado, J.M., Becerril-Herrera, M., Flores-Peinado, S., González-Lozano, M., Alonso-Spilsbury, M., Camacho-Morfin, D., Ramírez-Necoechea, R., Cardona, L.A. y Morfin-Loyden, L. 2008. Welfare at slaughter of broiler chickens: A review. *International Journal of PoultryScience* 7:1-5.
- Mota-Rojas, D., Herrera, M. B., Trujillo-Ortega, M. E., Alonso-Spilsbury, M., Flores-Peinado, S. C. y Guerrero-Legarreta, I. 2009. Effects of pre-slaughter transport, lairage and sex on pig chemical serologic profiles. *Journal Animal Veterinary Advances* 8: 246-250.
- Mota-Rojas, D., González-Lozano, M. y Guerrero-Legarreta I. 2010. Transportation to the slaughterhouse. In: Guerrero-Legarreta I and Hui Y. (Eds) John Wiley and Sons Inc. Hoboken, Vol. 1, pp. 55-67. (Canada).
- Mota-Rojas, D., Orozco-Gregorio, H., Villanueva-Garcia, D., Bonilla-Jaime, H., Suarez-Bonilla, X., Hernandez-Gonzalez, R., Roldan-Santiago, P. y Trujillo-Ortega, M.E. 2011. Foetal and neonatal energy metabolism in pigs and humans: a review. *Veterinari Medicina* 56:215-225.
- Mota-Rojas, D., Orozco-Gregorio, H., Gonzalez-Lozano, M., Roldan-Santiago, P., Martinez-Rodriguez, R., Sanchez-Hernandez, M. y Trujillo-Ortega, M. E. 2011b. Therapeutic approaches in animals to reduce the impact of stress during transport to the slaughterhouse: A review. *International Journal of Pharmacology* 7:568-578.

- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Roldan-Santiago, P., Alonso-Spilsbury, M., Flores-Peinado, S., Ramirez-Necoechea, R., Ramirez-Telles, J.A., Mora-Medina, P., Perez, M., Molina, E., Soni, E. y Trujillo-Ortega, M.E. 2012. Effects of long distance transportation and CO2 stunning on critical blood values in pigs. *Meat Science* 90:893-898.
- Mota-Rojas, D, Trujillo-Ortega, M. E., Becerril-Herrera, M., Roldan-Santiago, P., González-Lozano; M., y Guerrero-Legarreta. I. 2012b. Effect of the Sacrifice Method on Critical Blood Variables and Biochemistry Consequences of the Guinea Pig Meat (*Cavia porcellus*). *Revista Científica FCV-LUZ* 22:51-58.
- Nazareno, A. C., Silva, I. J. O., Vieira, A. M. C., Vieira, F. M. C. y Miranda, K. O. S. 2013. Níveis de vibração e choques em diferentes estradas durante o transporte de ovos férteis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17: 900-905.
- Nicol, C.J. y Scot, G.B.: 1990. Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. *Applied Animal Behavior Science* 28:57-73.
- Nijdam, E., Delezie, E., Lambooi, E., Nabuurs, M. J., Decuypere, E., y Stegeman, J. A. 2005. Feed withdrawal of broilers before transport changes plasma hormone and metabolite concentrations. *Poultry science* 84:1146-1152.
- Nijdam, E., Zailan, A.R., van Eck, J.H., Decuypere, E. y Stegeman, J.A. 2006. Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders. *Poultry Science* 85:1303-1308.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-033-ZOO-1995), Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. Apartado 5.5c
- OCDE/FAO. 2013. Perspectivas Agrícolas 2013-2022, Texcoco, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es
- Official Journal of the European Union (OJEU). 2007. Rules for the protection of chickens kept for meat production. COUNCIL DIRECTIVE.
- Olanrewaju, H.A., Wongpichet, S., Thaxton, J.P., Dozier, W.A. y Branton, S.L. 2006. Stress and acid-base balance in chickens. *Poultry Science* 85:1266-1274.
- Olmos-Hernandez, A., Trujillo-Ortega, M.E., Alonso-Spilsbury, M., Sanchez-Aparicio, P., Ramirez-Necoechea, R. y Mota-Rojas, D. 2008. Foetal monitoring, uterine dynamics and reproductive performance in spontaneous farrowings in sows. *Journal of Applied Animal Research* 33:181-185.
- Orozco-Gragorio, H., Mota-Rojas, D., Bonilla-Jaime, H., Trujillo-Ortega, M.E., Becerril-Herrera, M., Hernandez-Gonzalez, R. y Villanueva-Garcia, D. 2010. Effects of administration of caffeine on metabolic variables in neonatal pigs with peripartum asphyxia. *American Journal of Veterinary Research* 71: 1214-1219.

- Owens, C. M. y Sams, A. R. 2000. The Influence of Transportation on Turkey Meat Quality. *Poultry Science* 79:1204-1207.
- Qiao, M., Fletcher, D. L., Smith D. P. y Northcutt J. K. 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity and emulsification capacity. *Poultry Science* 80:676-680.
- Quass, D. W. y Briskey, E. J. 1968. A study of certain properties of myosin from skeletal muscle. *Journal of Food Science* 33: 180–187.
- Parker, A.J., Dobson, G.P. y Fitzpatrick, L.A. 2007. Physiological and metabolic effects of prophylactic treatment with the osmolytes glycerol and betaine on *Bos indicus* steers during long duration transportation. *Journal of Animal Science* 85:2916-2923.
- Patience, J.F. 1990 A review of the role of acid-base-balance in amino-acid nutrition. *Journal of Animal Science* 68:398-408.
- Paxton, H., Anthony, N. B., Corr, S. A. y Hutchinson, R. J. 2010. The effects of selective breeding on the architectural properties of the pelvic limb in broiler chickens: a comparative study across modern and ancestral populations. *Journal Anatomy* 217: 153-166.
- Perremans, S., Randall, J. M., Rombouts, G., Decuyper, E., y Geers, R. 2001. Effect of whole-body vibration in the vertical axis on cortisol and adrenocorticotrophic hormone levels in piglets. *Journal Animal Science* 79: 975-981.
- Petracci, M., Fletcher, D. L. y Northcutt, J. K. 2001. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Science* 80: 670–675.
- Petracci, M. y Cavani, C. 2012. Muscle Growth and Poultry Meat Quality Issues. *Nutrients* 4: 1-12.
- Prescott, N. B., Berry, P. S., Haslam, S., y Tinker, D. B. 2000. Catching and crating turkeys: Effects on carcass damage, heart rate and other welfare parameters. *Journal of Applied Poultry Research* 9:424-432.
- Puvadolpirod, S. y Thaxton, J. P. 2000. Model of physiological stress in chickens 4. Digestion and metabolism. *Poultry Science* 79:383-390.
- Qiao, M., Fletcher, D. L., Northcutt, J. K. y Smith, D. P. 2002. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poultry Science* 81: 422–427.
- Quinn, A.D., Kettlewell, P.J., Mitchell, M.A. y Knowles, T. 1998. Air movement and the thermal microclimates observed in poultry lairages. *British Poultry Science* 39:469-476.
- Raj, A. B., Wilkins, L. J., Richardson, R. I., Johnson, S. P. y Wotton, S. B. 1997. Carcase and meat quality in broilers either killed with a gas mixture or stunned with an electric current under commercial processing conditions. *British Poultry Science* 38:169–174.

- Raj, M. 1998. Welfare during stunning and slaughter of poultry. *Poultry science* 77: 1815-1819.
- Rammouz, R., R. Babile, y X. Fernandez. 2004. Effect of ultimate pH on the physicochemical and biochemical characteristics of turkey breast muscle showing normal rate of postmortem pH fall. *Poultry Science* 83:1750-1757.
- Randall, J. M. 1992. Human subjective response to lorry vibration: Implications for farm animal transport. *Journal of Agricultural Engineering Research* 52: 295-307.
- Randall, J. M. 1993. Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Animal Production* 57:299-307.
- Randall, J. M. y Rutter, S. M. 1992. Do domestic fowl find whole body vibration aversive? In: Proc. United Kingdom Informal Group Meeting on Human Response to Vibration, Southampton, UK. pp 223-233.
- Randall, J., W. Streader and A. Meehan, 1994. Vibration of poultry transporters. *Word's Poultry Science Journal* 50:64-65.
- Randall J. M., Duggan, J. A., Alami, M. A., y White, R. P. 1997. Frequency Weightings for the Aversion of Broiler Chickens to Horizontal and Vertical Vibration *Journal Agricola Engineering Research* 68: 387-397.
- Raup, T. J., y Bottje, W. G. 1990. Effect of carbonated water on arterial pH, pCO₂ and plasma lactate in heat stressed broilers. *British Poultry Science* 31: 377-384.
- Rauw, W. M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E. N. y Grommers, F. J. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science* 56: 15-33.
- Remignon, H., Mills, A. D., Guemene, D., Desrosiers, V., Garreau-Mills, M., Marche, M. y Marche, G. 1998. Meat quality traits and muscle characteristics in high or low fear lines of Japanese quails (*Coturnix japonica*) subjected to acute stress. *British Poultry Science* 39: 372-8.
- Ritz, C.W., Webster, A.B. y Czarick, M. 2005. Evaluation of hot weather thermal environment and incidence of mortality associated with broiler live haul. *Journal of Applied Poultry Research* 14:594-602.
- Roldan-Santiago, P., González-Lozano, M., Flores-Peinado, S.C., Camacho-Morfin, D., Concepcion-Mendez, M., Morfin-Loyden, L., Mora-Medina, P., Ramirez-Necoechea, R., Cardona, A.L. y Mota-Rojas, D. 2011. Physiological Response and Welfare of Ducks During Slaughter. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 6:1256-1263.
- Roldan-Santiago, P., Mota-Rojas, D., Guerrero-Lagarreta, I., Mora-Medina, P., Borderas-Tordesillas, F., Alarcon-Rojo, A.D., Flores-Peinado, S., Orozco-Gregorio, H., Martinez-

- Rodriguez, R., y Trujillo-Ortega, M.E. 2013. Animal welfare of barrows with different antemortem lairage times without food. *Veterinary Medicine* 6:305-311.
- Sams, A. R. 1999. Meat quality during processing. *Poultry Science* 78: 798-803.
- Sandercock, D. A., Hunter, R. R., Nute, G. R., Mitchell, M. A. y Hocking P. M. 2001. Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: implications for meat quality. *Poultry Science* 80: 418-425.
- Savenije, B., Larnbooi, E., Gerritzen, M.A., Venema, K. y Korf, J. 2002. Effects of feed deprivation and transport on preslaughter blood metabolites, early postmortem muscle metabolites, and meat quality. *Poultry Science* 81:699-708.
- Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J. y Sendra-Nadal, E. 2010. Biochemical changes during onset and resolution of rigor mortis under ambient temperature. En: Guerrero-Legarreta, I. and Hui, Y. H. (Eds), *Handbook of Poultry Science and Technology*. pp 219-242. By John Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey.
- Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare (SCAHAW), 2000. *The Welfare of chickens Kept for Meat Production (Broilers)*. European Commission, Health and Consumer protection. Directorate-General.
- Schneider, B. L., Renema, R. A. Betti, M. Carney, V. L. y Zuidhof, M. J. 2012. Effect of holding temperature, shackling, sex, and age on broiler breast meat quality. *Poultry Science* 91: 468-477.
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Faucitano, L., Dadgar, S., Shand, P., Gonzalez, L.A. y Crowe, T.G. 2012. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science* 92:227-243.
- Shawkat Ali, Md., Geun-Ho Kang y Seon Tea Joo. 2008. A Review: Influences of Pre-slaughter Stress on Poultry Meat Quality, Asian-Aust. *Journal Animal Science* 21: 912 - 916.
- Sherwin, C.M., Christiansen, S.B., Duncan, I.J., Erhard, H.W., Lay, D.C., Mench, J.A., O'Connor, C.E. y Petherick, J.C. 2003. Guidelines for the ethical use of animals in applied ethology studies. *Applied Animal Behaviour Science* 81: 291-305.
- Shields, S. y Raj, A. B. M. 2010. A critical review of electrical water-bath stun systems for poultry slaughter and recent developments in alternative technologies. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 13: 281-299.
- Simões, G. S., Oba, A., Matsuo, T., Rossa, A., Shimokomaki, M. y Ida, E. I. 2009. Vehicle thermal microclimate evaluation during brazilian summer broiler transport and the occurrence of pse (pale, soft, exudative) meat. *Brazilian Archives Biology and Technology* 52.

- Sparrey, J. M. y Kettlewell, P. J. 1994. Shackling of poultry: Is it a welfare problem? *World's Poultry Science Journal* 50: 167-176.
- Stern, N. J., Clavero, M. R. S. Bailey, J. S. Cox, N. A. y Robach, M. C. 1995. *Campylobacter* spp. in broilers on the farm and after transport. *Poultry Science* 74: 937-941.
- Strawford, M. L., Watts J. M., Crowe, T. G., Classen H. L., y Shand, P. J. 2011. The effect of simulated cold weather transport on core body temperature and behavior of broiler. *Poultry Science* 90:2415-2424.
- Swatland, H. J. 1993. Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors. E. Poulanne and D. I. Demeyer, ed., C.A.B. International, Wallingford, UK. 286 p.
- Tadich, N., Gallo, C., Bustamante, H., Schwerter, M. y van Schaik, G. 2005. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livestock Production Science* 93:223-233.
- Tahseen, A. 2010. Harmful effects of ammonia on birds. *World Poultry* 3:28-30.
- Teeter, R.G., Smith, M.O., Owens, F.N., Arp, S.C., Sangiah, S. y Breazile, J.E. 1985. Chronic heat-stress and respiratory alkalosis - occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Science* 64:1060-1064.
- Trujillo-Ortega, M., Mota-Rojas, D., Juarez, O., Villnueva-Garcia, D., Becerril-Herrera, M., Hernandez-Gonzalez, R., Alonso-Spilsbury, M., Martínez-Rodríguez, R. y Ramirez-Ramiro, N., 2011. Porcine nonates falling vitality score: physio-metabolic profile and latency to first teat contact. *Czech Journal of Animal Science* 56:499-508.
- Toyomizu, M., Tokuda, M., Mujahid, A., y Akiba, Y. 2005. Progressive alteration to core temperature, respiration and blood acid-base balance in broiler chickens exposed to acute heat stress. *Journal Poultry Science* 42:110-118.
- van As, P., Elferink, M.G., Closter, A. M., Vereijken, A., ovenhuis, H., Crooijmans R. P. M. A., Decuyper E. y Groenen, M. A. M. 2010. The use of blood gas parameters to predict ascites susceptibility in juvenile broilers. *Poultry Science* 89:1684-1691
- Vazquez-Galindo, G., de Aluja, A.S., Guerrero-Legarreta, I., Orozco-Gregorio, H., Borderas-Tordesillas, F., Mora-Medina, P., Roldan-Santiago, P., Flores-Peinado, S. y Mota-Rojas, D. 2013. Adaptation of ostriches to transport-induced stress: Physiometabolic response. *Animal Science Journal* 84:350-358.
- Vecerek, V., Grbalova, S., Voslarova, E., Janackova, B. and 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.
- Veerkamp, C. H. 1986. Fasting and yields of broiler. *Poultry Science* 65: 1299-1304.

- Vieira, F. M. C., Silva¹, I. J. O., Barbosa Filho, J. A. D., Vieira, A. M. C., Garcia, D. B. y Hildebrand, H. 2010. Production Losses on Poultry Pre-Slaughter Operations in. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:2471-2476.
- Vieira, F. M. C., Silva, I. J. O., Barbosa Filho, J. A., Vieira, A. M. C. y Broom, D. M. 2011. Preslaughter mortality of broilers in relation to lairage and season in a subtropical climate. *Poultry Science* 90:2127-2133.
- von Borell, E. y Schaffer, D. 2005 Legal requirements and assessment of stress and welfare during transportation and pre-slaughter handling of pigs. *Livestock Production Science* 97:81-87.
- Voslarova, E., Janackora, B., Vitula, F., Kozak, A. y Vecerek, V. 2007. Effects of transport distances and the season of the year on death rates among hens and roosters in transport to poulling Processing Plantain Czech Republic in the period from 1997 to 2004. *Veterinarni Medecina* 52:262-266.
- Vosmerova, P., Chloupek, J., Bedanova, I., Chloupek, P., Kruzikova, K., Blahova, J. y Vecerek, V. 2010. Changes in selected biochemical indices related to transport of broilers to slaughterhouse under different ambient temperatures. *Poultry Science* 89:2719-2725.
- Warriss, P. D., Kestin, S. C., Brown, S. N. y Bevis, E. A. 1988. Depletion of glycogen reserves in fasting broiler chickens. *British Poultry Science* 29:149-154.
- Warriss, P. D., Bevis, E. A. y Brown, S. N. 1990a. Time spent by broiler-chickens in transit to processing plants. *Veterinary Record* 127:617-619.
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Franklin, J. G. y Kestin, S. C. 1990b. The thickness and quality of backfat in various pig breeds and their relationship to intramuscular fat and the setting of joints from the carcasses. *Meat Science* 28:21-29.
- Warriss, P. D., Kestin, S. C., Brown, S. N., Knowles, T. G., Wilkinks, L. J., Edwards, J. E., Austin, S. D., y Nicol, C. J. 1993. The depletion of glycogen stores and indices of dehydration in transported broilers. *British Veterinary Journal* 149: 391-398.
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E. y J. A. Duggan. 1997. Potential effect of vibration during transport on glycogen reserves in broiler chickens. *Veterinary Journal* 153: 215-219.
- Warriss, P.D., Knowles, T.G., Brown, S.N., Edwards, J.E., Kettlewell, P.J., Mitchell, M.A. y Baxter, C.A. 1999. Effects of lairage time on body temperature and glycogen reserves of broiler chickens held in transport modules. *Veterinary Record* 145:218-222.
- Warriss, P. D., Wilkins, L. J., Brown, S. N., Phillips, A. J. y Allen, V. 2004. Defaecation and weight of the gastrointestinal tract contents after feed and water withdrawal in broilers. *British Poultry Science* 45: 61-66.

- Watts, J. M., Graff, L. J., Strawford, M. L., Crowe, T. G., Burlinghette, N. A., Classen, H. L., y Shand, P. J. 2011. Heat and moisture production by broilers during simulated cold weather transport. *Poultry Science* 90:1890-1899.
- Weber, H., Kocsis, J. F., Lauterio, T. J. y Carsia, R. V. 1990. Dietary protein restriction stress and adrenocortical function: Evidence for transient and long-term induction of enhanced cellular function. *Endocrinology* 127:3138-3150.
- Whiting, T. L., Mairead, E. D., and Rasali, D. P. (2007). Warm weather transport of broiler chickens in Manitoba II. Truck management factors associated with death loss in transit to slaughter. *Canadian Veterinary Journal* 48:148-154.
- Wideman, R.F., Forman, M.F., Hughes, J.D., Kirby, Y.K., Marson, N. y Anthony, N.B. (1998) Flow-dependent pulmonary vasodilation during acute unilateral pulmonary artery occlusion in Jungle Fowl. *Poultry Science* 77:615-626.
- Wideman, R.F., Rhoads, D.D., Erf, G.F. y Anthony N.B. 2013. Pulmonary arterial hypertension (ascites syndrome) in broilers: A review. *Poultry Science* 92:64-83.
- Wiernusz, C., 1999. Terapias nutricionales para optimizar la producción avícola durante periodos de altas temperaturas y humedades. *Boletín Técnico de Cobb-Vantress* 6:1-6.
- Wynveen, E. J., Bowker, B. C. Grant, A. L. Demos, B. P. y Gerrard, D. E. 1999. Effects of muscle pH and chilling on development of PSE-like turkey breast meat. *British Poultry Science* 40: 253–256.
- Yáñez-Pizaña, A., Roldan-Santiago, P., Mora-Medina P., Borderas-Tordesillas, F., Flores-Peinado, S. y Mota-Rojas, D. 2012. Effects of transport on the metabolism of horses. *Revista Científica, FCV-LUZ* 5: 432-436.
- Yalcin, S., Ozkan, S., Oktay, G., Cabuk, M., Erbayraktar, Z. y Bilgili, S. F. 2004. Age-related effects of catching, crating, and transportation at different seasons on core body temperature and physiological blood parameters in broilers. *Journal Applied Poultry Research* 13:549-560.
- Yahav, S., Straschnow, A., Plavnik, I. y Hurwitz, S. 1997. Blood system response of chickens of changes in environmental temperature. *Poultry Science* 76:627-633.
- Yue, H.Y., Zhang, L., Wu, S.G., Xu, L., Zhang, H.J. y Qi, G.H. 2010. Effects of transport stress on blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality in meat-type yellow-feathered chickens. *Poultry Science* 89:413-419.
- Zhang, L., Yue, H.Y., Zhang, H.J., Xu, L., Wu, S.G., Yan, H.J., Gong, Y.S. y Qi, G.H. 2009. Transport stress in broilers: I. Blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality. *Poultry Science* 88:2033-2041.
- Zhuang, H. y Savage, E. M. 2012. Effects of fillet weight on sensory descriptive flavor and texture profiles of broiler breast meat. *Poultry Science* 91:1695-1702.