



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA
SALUD ANIMAL
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INOCUIDAD Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL Y BIENESTAR ANIMAL

EFFECTO DEL CLAVO DE OLOR SOBRE EL ESTRÉS PRODUCIDO DURANTE EL TRANSPORTE DE
POLLOS DE ENGORDA Y SU IMPACTO EN EL BIENESTAR ANIMAL Y CALIDAD DE LA CARNE

DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PRESENTA:
MIRIAM SARAHÍ MOSQUEDA ALVARADO

DR. RUBÉN DANILO MÉNDEZ MEDINA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PHD. MARÍA DEL PILAR CASTAÑEDA SERRANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DRA. ANGÉLICA MARÍA TERRAZAS GARCÍA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUATITLÁN

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX; DICIEMBRE 2022



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.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Al Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias (IRTA)

Al Dr. Antonio Velarde Calvo

A mi tutor, Dr. Rubén Danilo Méndez Medina

A la Dra. María Salud Rubio Lozano

A mi comité Tutor: PhD. María del Pilar Castañeda Serrano y la Dra. Angélica María Terrazas García

A mis padres, Karla y mis hermanos por todo su apoyo

A mis colegas y amigos, Abril, Jesús, Adolfo y Alfredo por su enorme apoyo durante el desarrollo de la fase experimental de este proyecto

Índice

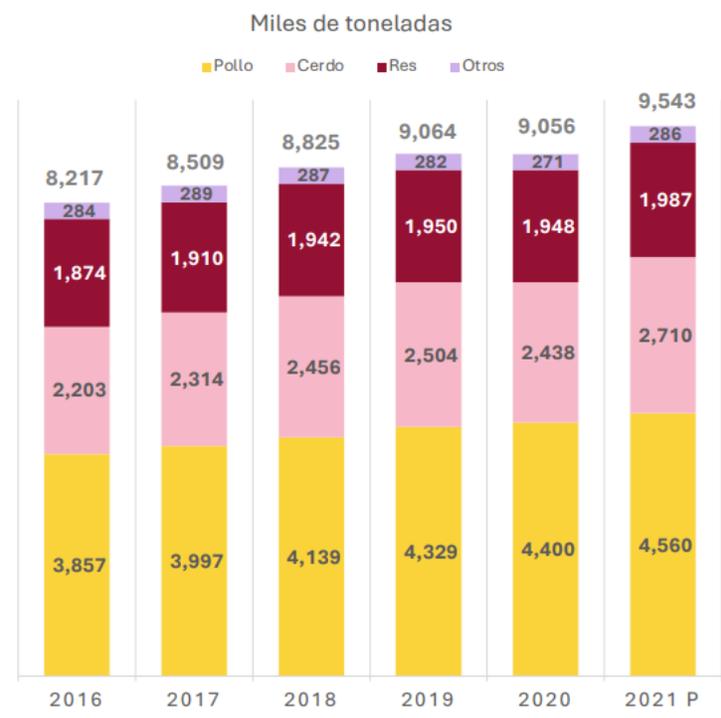
I.	Introducción.....	4
II.	Antecedentes.....	7
II. 1.	Estrés.....	7
II. 1.1	Respuesta fisiológica y fases del estrés	8
II.2.	Bienestar Animal	10
II.3.	Clavo de olor.....	13
II. 3. 1.	Presentaciones del clavo de olor	14
II. 3. 2.	Propiedades biológicas del clavo.....	14
II.3. 3.	Metabolismo del clavo de olor.....	18
II. 4.	Puntos críticos de la producción de aves que afectan su bienestar.	18
II. 4 .1.	Ayuno	19
II. 4. 2.	Captura	19
II. 4. 3.	Transporte a la planta de procesamiento.....	21
II. 4. 4.	Espera en andén 	22
II. 4. 5.	Proceso de matanza.....	23
II. 5.	Parámetros por medir para evaluar el bienestar animal <i>ante y post mortem</i> . 25	
III.	Hipótesis	26
IV.	Objetivos	26
IV. 1.	Objetivo general	26
IV. 2.	Objetivos específicos	26
V.	Material y métodos	27
V. 1	Estrategia general.....	27
V. 1. 1.	Metodología.....	27
VI.	Análisis estadísticos.....	32
VII.	Resultados.....	32
VIII.	Discusión	41
IX.	Conclusiones.....	44
X.	Referencias bibliográficas	45
XI.	Bibliografía	52

I. Introducción

La carne de pollo es considerada como un alimento básico en la dieta humana. El accesible precio del producto contribuye a que esta carne sea considerada como una de las más importantes opciones de consumo a nivel nacional y por todas las clases sociales (FIRA., 2021). En comparación con otros tipos de proteína, el consumo y la producción de carne de pollo ha sido mayor que la carne de cerdo y de res durante los últimos años en México (FIRA., 2021; COMECARNE., 2022), (Figuras 1 y 2)

De acuerdo con cifras del SIAP-SADER, la producción de carne de pollo en México representó el 48.2% de la producción total nacional de carnes durante 2020, alcanzando un máximo histórico de 3.58 millones de toneladas. Asimismo, a pesar de los efectos causados por la pandemia del COVID-19, en relación con el cambio en los hábitos de consumo y a la restricción en la movilidad de las personas, la producción de carne de pollo en 2020 registró un crecimiento anual de 2.9%.

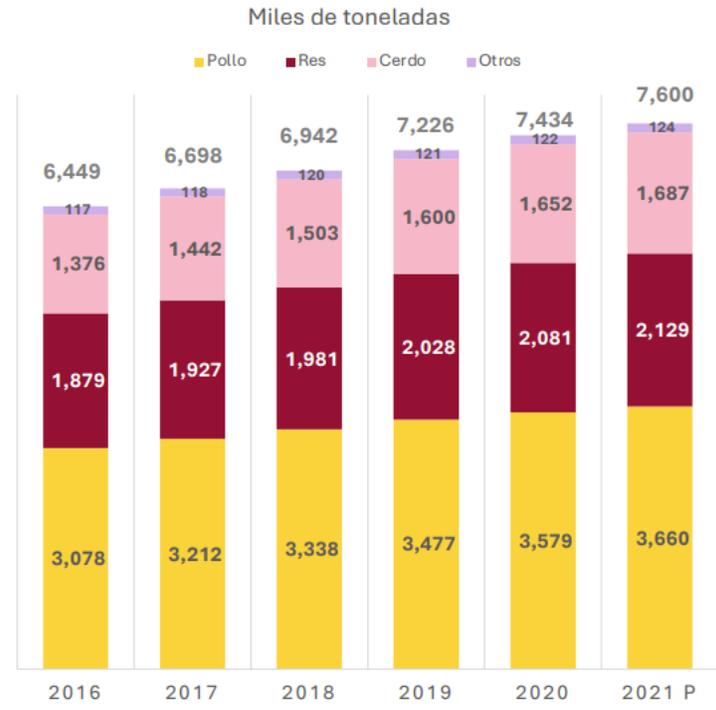
Figura 1.- Niveles de consumo por tipo de proteína en México



2021 p: Cifras preliminares; Unidades: Miles de toneladas

Fuente: COMECARNE con información de SIAP y Aduanas-SAT

Figura 2.- Niveles de producción por tipo de proteína en México



2021 p: Cifras preliminares; Unidades: Miles de toneladas

Fuente: COMECARNE con información de SIAP y Aduanas-SAT

En las grandes explotaciones de pollo de engorda, uno de los principales problemas a los que se enfrenta actualmente esta industria es el estrés *ante mortem*, debido a que las aves se encuentran bajo constantes factores que causan un impacto negativo sobre su salud y desempeño (Medina *et al.*, 2016).

El manejo que los pollos de engorda reciben durante sus últimas horas de vida y las primeras posteriores a la matanza es uno de los factores cruciales para reducir la mortalidad (Chauvin *et al.*, 2011) y los distintos problemas de calidad que presenta la canal, como hemorragias, hematomas, huesos fracturados, rasguños y un color no deseado en la carne (PSE), lo cual es causante de una proporción sustancial de las pérdidas económicas que se producen, ya que puede repercutir en el rendimiento de la canal debido a un decomiso parcial o total de la misma (Castañeda *et al.*, 2013; Petracci *et al.*, 2010; Aviagen Brief, 2012; Nicol y Scott, 1990).

Una actividad importante a considerar es el transporte de las aves hacia la planta de procesamiento, debido a que este impacta directamente en el bienestar animal (González *et al.*, 2007) por ser caracterizado como uno de los procesos más

estresantes en el pollo de engorda, ya que está involucrado el manejo *ante mortem* y factores relacionados como son: la captura, el tiempo de traslado, la densidad de carga, la temperatura ambiental, las vibraciones y ventilación del vehículo, el tiempo de espera en el andén previo a la matanza, entre otros (Mitchell *et al.*, 1998; Mota-Rojas *et al.*, 2012; Grandin, 2010, Gregory, 2008; Nidjam *et al.* 2004). Dichos factores provocan pérdidas de líquidos corporales por calor debido al jadeo, lo cual deriva en estrés y deshidratación (Mota-Rojas *et al.*, 2012; Miranda-de la Lama, 2013).

Asimismo, Mitchell *et al.*, (1999) y Kettlewell *et al.*, (2000) realizaron estudios en el transporte de pollos de engorda donde midieron la temperatura y humedad relativa al interior del vehículo durante el recorrido; mediante dichos estudios indicaron que una ventilación inadecuada da como resultado distribuciones heterogéneas de temperatura y humedad y, por lo tanto, cargas térmicas dentro del vehículo que provocan que la temperatura en la parte superior, inferior, anterior y posterior del vehículo difiera significativamente. De acuerdo con Miranda-de la Lama (2013), esas diferencias se deben a que el vehículo no cuenta con protecciones laterales y al apilado de las jaulas por niveles, lo que ocasiona que el flujo de aire no sea homogéneo, provocando un aumento en el estrés y mortalidad de los animales.

Una práctica común en la industria productora de carne, consiste en administrar medicamentos tranquilizantes a los animales para reducir el estrés, minimizando de esta manera las pérdidas económicas que el mercado impone a la carne de baja calidad, resultante del estrés al que los animales estuvieron expuestos desde el transporte hasta el matadero (Cooper *et al.*, 2004). Sin embargo, el uso de algunos tranquilizantes se ha prohibido, debido al riesgo de residuos de fármacos en la carne. Por tal razón se ha generado un creciente interés en encontrar nuevas alternativas para mitigar y/o prevenir el estrés y mejorar la calidad de la carne de los pollos de engorde transportados (Zhang *et al.*, 2014)

Ante esto, Downing *et al.*, (2017) estudiaron la suplementación previa al transporte con electrolitos en el agua para combatir los efectos adversos del estrés por calor del pollo de engorda, de esta manera observaron niveles más bajos de carne PSE y valores menores de pH a las 24 h post-mortem y pérdida por goteo a las 72 h en el músculo de las aves que fueron suplementadas con electrolitos. Wang *et al.*, (2016) probaron el uso de un nebulizador de agua combinado con un tratamiento de ventilación forzada durante el transporte de pollos de engorde durante el verano, como un método no químico que resultó ser efectivo para mejorar la calidad de la carne. Asimismo, algunos estudios reportaron que el uso de suplementos que cuentan con actividad antioxidante adicionados a la dieta, lograron reducir el estrés oxidativo de los pollos y prevenir el deterioro de la calidad de la

carne que son ocasionados por el transporte, tal es el caso del extracto de *Forsythia suspensa* (Pan *et al.*, 2018), el resveratrol (Zhang *et al.*, 2017) y el monohidrato de creatina (Zhang *et al.*, 2014),

La utilización de nuevas alternativas como los suplementos en la dieta, podría resultar en una estrategia más práctica y económica (Mota-Rojas *et al.*, 2012). Además, podrían tener menores efectos adversos que los tratamientos con fármacos (Ali y Al Qarawi, 2002). Por lo anterior se necesita disminuir el estrés al que se encuentran expuestas las aves durante el transporte para lograr un impacto positivo en el rendimiento de la canal, en el bienestar del animal y en la calidad de la carne, que permitan por lo tanto evitar pérdidas económicas significativas para los productores.

El clavo de olor contiene diferentes propiedades medicinales y sistémicas, además de tener propiedades antioxidantes que reducen el estrés oxidativo en el cuerpo (Singh *et al.* 2009) y por consiguiente atenúan las alteraciones fisiológicas y metabólicas que los pollos de engorde sufren como consecuencia del estrés; por lo tanto, el presente estudio tuvo por objetivo investigar la reducción del estrés en los pollos durante el transporte, a través del uso de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*).

II. Antecedentes

II. 1. Estrés

De acuerdo con Manteca, Mainau y Temple (2013), el término “estrés” ha sido utilizado para describir un conjunto de cambios fisiológicos y de conducta que se desencadenan por la acción de un estímulo aversivo. Asimismo, Broom y Johnson (1993), indican que el estrés puede definirse como un efecto ambiental sobre un individuo que sobrepasa sus sistemas de control y reduce su habilidad inclusiva. Por otra parte, Manteca (2009), menciona que la respuesta a un determinado estímulo ambiental depende de las características del estímulo y del individuo, por lo que, el estímulo será estresante en la medida que es percibido como una amenaza para la homeostasis del individuo.

Derivado de lo anterior, Valdés (1985) y Manteca (2009), señalan que el estrés es una respuesta adaptativa que resulta imprescindible, ya que prepara al organismo a nivel fisiológico para adaptarse y sobrevivir cuando el entorno es percibido como amenazante. No obstante, cuando el estímulo estresor excede en duración e intensidad y los intentos de adaptación del animal son infructuosos, dicha respuesta puede tener consecuencias negativas para la salud y el bienestar del individuo (Manteca, 2009), ya que ocurren alteraciones fisiológicas, metabólicas y etológicas

en la homeostasis del animal debido a que el organismo rebasa su nivel de resistencia (Mitchell y Ketwell, 1998), afectando la reproducción, la ingesta de alimento, el crecimiento y los mecanismos de defensa del organismo, y por consiguiente el bienestar animal y la calidad de la carne (Minka y Ayo, 2010; Mota-Rojas *et al.*, 2011; Medina *et al.*, 2016).

Existen diferentes tipos de factores de estrés que pueden incidir sobre los animales: los factores sociales, que son resultantes de la interacción con individuos de la misma especie, factores físicos y factores relacionados con el manejo. Todos ellos tienen un efecto aditivo, es decir, cuando existe la presencia de varios factores sobre un animal al mismo tiempo, la respuesta estresante será mayor que si el animal estuviera expuesto a un solo factor (Manteca, Mainau y Temple, 2013).

II. 1.1 Respuesta fisiológica y fases del estrés

La presencia de factores que inducen estrés en los animales desencadenan respuestas de tipo conductual y fisiológico en las que se afectan estructuras somáticas y viscerales, provocando alteraciones metabólicas, endocrinas y nerviosas (Caballero y Sumano, 1993).

Dichas respuestas involucran principalmente al sistema nervioso y al endocrino. Con respecto al sistema nervioso, los elementos participantes más fundamentales son el hipotálamo (situado en la base del cerebro y que actúa de enlace entre el sistema nervioso y el endocrino), y el sistema nervioso simpático (SNS). Este último inerva principalmente el corazón, los vasos sanguíneos y la médula adrenal. Por parte del sistema endocrino, se encuentran la hipófisis y las glándulas suprarrenales formadas por corteza y médula. La hipófisis se encuentra conectada estructural y funcionalmente con el hipotálamo formando el eje Hipotálamo-Hipofisario-Suprarrenal (HHS) (Nogareda, 1994)

De esta manera, ante las situaciones de estrés, el hipotálamo desempeña un papel crucial, ya que a partir de él, se van a disparar los dos ejes que definen las vías fisiológicas mediante las cuales el organismo se activa para consumir energía y responder ante un estímulo estresor, secretando las sustancias que el organismo empleará para afrontar dicha amenaza, estos ejes son: eje Simpático-Adrenal y el eje Hipotálamo-Hipofisario-Suprarrenal, los cuales actúan en forma secuencial y se refuerzan mutuamente (Álvarez y Pérez, 2009; Zapata, 2003).

En este proceso de adaptación por parte del organismo, en relación con la presencia de estos agentes inductores de estrés, interviene el Síndrome General de Adaptación (SGA), el cual consta de tres fases: a) fase de alarma, mediada por el

sistema nervioso simpático ante una estimulación aguda; b) adaptación, que se presenta cuando hay estimulación crónica y existe participación del eje hipotalámico hipofisario-suprarrenal en la que el organismo puede presentar un estado de adaptación y resistencia y c) fase de agotamiento, en la que un estímulo crónico sobrepasa los niveles de resistencia y conduce al agotamiento de la energía de adaptación y finalmente a la muerte (Caballero y Sumano, 1993; Selye, 1973).

a) Fase de alarma

Ante la aparición de un peligro o factor estresante se produce una reacción de alarma. Todos los procesos que se producen son reacciones encaminadas a preparar el organismo para afrontar una circunstancia determinada.

En primer lugar, el organismo responde con la activación del SNS, mediante el cual se produce la síntesis y secreción de sustancias llamadas catecolaminas desde la médula suprarrenal (adrenalina) y las terminales nerviosas adrenérgicas (noradrenalina). Esta respuesta es inmediata, de carácter automática, defensiva y antiinflamatoria, en la que se pueden observar signos como: taquicardia, taquipnea, midriasis, contracción esplénica con liberación de glóbulos rojos, linfocitosis, aumento de la capacidad respiratoria, aumento de la coagulación sanguínea, micción y defecación. Asimismo, se produce una redistribución de la sangre, concentrándose en las zonas de acción como los músculos, cerebro y corazón, y abandonando los puntos menos importantes, como la piel (aparición de palidez) y las vísceras intestinales.

b) Fase de resistencia o adaptación

En esta etapa el organismo intenta superarse, adaptarse o afrontar la presencia de los factores que percibe como una amenaza o agente nocivo (Nogareda, 1994). Se activa el eje HHS; donde el hipotálamo segrega una serie de hormonas entre las que sobresale el factor liberador de corticotropina (CRF). Esta hormona estimula el lóbulo anterior de la hipófisis liberando así otra hormona, la ACTH, también conocida como corticotropina. La ACTH, a través del torrente sanguíneo, llega a las glándulas suprarrenales y activa la corteza, liberando principalmente glucocorticoides (cortisol y andrógenos) y mineralocorticoides (aldosterona). En respuesta a las hormonas del estrés, el organismo se prepara para la lucha o para la huida. Así, los glucocorticoides proporcionan al organismo fuentes de energía de fácil movilización, debido a su acción hiperglucemiante. Dicho efecto es consecuencia de la estimulación tanto de la glucogenólisis muscular como de la gluconeogénesis hepática. Por otra parte, estas hormonas impiden los procesos inflamatorios mediante los cuales el organismo hace frente al daño tisular, al tiempo que

disminuyen las defensas del organismo por su efecto inmunodepresor (Manteca, 2009; Del Río, 2020; Zapata, 2003).

Cuando un individuo se expone de forma prolongada a factores estresores, el organismo, si bien continúa adaptándose a estas demandas de manera progresiva, puede disminuir sus capacidades de respuesta. De este modo, si el organismo tiene la capacidad para resistir durante un período prolongado o si el estímulo estresor desaparece, el organismo, a través de mecanismos de retroalimentación negativa entre los diferentes niveles biológicos involucrados en el proceso de activación, restablece nuevamente su homeostasis interna (Zapata, 2003), ocurre una normalización de los niveles de corticoesteroides y tiene lugar la desaparición de la sintomatología, lo cual también es vital para la supervivencia; sin embargo, en caso contrario pasará a la siguiente fase (Capdevila y Segundo, 2005).

c) Fase de agotamiento

Esta etapa ocurre cuando el estímulo crónico es de larga duración y/o se repite con frecuencia sobrepasando los niveles de resistencia y los recursos del individuo para conseguir un nivel de adaptación. Los mecanismos reguladores activados comienzan a fallar y continúa la actividad de las glándulas adrenales, asimismo, se produce una disminución en la capacidad de respuesta del sistema inmunológico debido al efecto constante de los glucocorticoides, de esta manera se produce agotamiento de la adaptabilidad y susceptibilidad a las enfermedades, ocasionando efectos dañinos sobre los sistemas y aparatos, lo cual podría derivar con la muerte del animal (Álvarez y Pérez, 2009).

II.2. Bienestar Animal

El bienestar animal es un concepto multidimensional. Aunque existen distintas definiciones, la mayoría de autores incluyen dos elementos para este término: por una parte, la salud física de los animales que comprende aspectos como la ausencia de enfermedades y lesiones, una alimentación adecuada y el confort físico y térmico y, por otra parte, su estado emocional, el cual comprende tanto la ausencia de emociones negativas como el dolor, el miedo y el estrés, así como la presencia de emociones positivas (Manteca y Salas, 2015).

Al referirnos a este término hablamos de una característica del animal, más que a algo que el hombre le puede dar o proporcionar como recurso (Galindo y Orihuela, 2004). Así, por ejemplo, Broom (1986) indica que “el bienestar de un individuo es el estado en que se encuentra dicho individuo en relación a sus intentos de afrontar su ambiente”, con lo cual señala que el bienestar está directamente relacionado con

la capacidad del animal de adaptarse a las posibles dificultades existentes en su entorno.

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud Animal (OIE,2021), refiere que el término bienestar animal designa el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las vive y muere, también considera que un animal se encuentra en un estado satisfactorio de bienestar cuando está sano, confortable y bien alimentado, puede expresar su comportamiento innato, y no sufre dolor, miedo o distrés. Un buen bienestar animal requiere la prevención de enfermedades, cuidados veterinarios adecuados, refugio, manejo y nutrición, un entorno seguro y estimulante, un manejo correcto y una matanza de manera humanitaria.

El bienestar animal es un estado en que se encuentra el animal en un momento o etapa específica, por lo que siempre será variable y de manera constante habrá una fluctuación (OIE, 2008). Por lo tanto, si existe una escala de bienestar, y el bienestar de un individuo puede mejorar en esa escala, es posible que también pueda disminuir dentro de esa escala (Galindo y Orihuela, 2004).

Principio de las cinco libertades

(FAWC, 1992; 1993)

De acuerdo con este principio existen cinco requisitos cuyo cumplimiento garantiza el bienestar animal:

- Ausencia de hambre, sed o malnutrición, mediante el acceso a agua fresca y una dieta adecuada a sus necesidades.
- Ausencia de estrés físico o térmico, debido a que se le proporciona un ambiente adecuado, incluyendo refugio y un área de descanso confortable
- Ausencia de dolor, lesiones o enfermedades, mediante la prevención adecuada y/o a un diagnóstico y tratamiento rápidos.
- Libertad para expresar un comportamiento normal de su especie debido a que se le proporciona el espacio necesario y las instalaciones adecuadas, y se aloja en compañía de otros individuos de su especie.
- Libertad de miedo y angustia, asegurando las condiciones necesarias para evitar el sufrimiento mental.

Este principio constituye una aproximación que resulta de mucha utilidad para la evaluación del bienestar animal en las explotaciones ganaderas, así como en el transporte y la matanza de los animales de granja.

Por otra parte, en el año 2004 se inició en la Unión Europea un proyecto de investigación denominado Proyecto Europeo Welfare Quality (2004-2009), en el que participaron diversas instituciones científicas de 15 distintos países. Dentro de los principales objetivos de este proyecto se encuentra el desarrollar un sistema estandarizado de evaluación del bienestar animal que fuera aceptado por la Unión Europea, así como crear estrategias prácticas que permitieran mejorar el bienestar de los animales, creando así los protocolos Welfare Quality®, los cuales en su mayoría incluyen medidas de evaluación basadas directamente en los animales.

En estos protocolos se identifican los cuatro principios básicos del bienestar animal:

1. Buena alimentación.
2. Buen alojamiento
3. Buena salud
4. Comportamiento apropiado.

Posteriormente se definen los doce criterios que se utilizarán para valorar estos cuatro principios, que son los siguientes:

Buena alimentación

- Ausencia de hambre prolongada.
- Ausencia de sed prolongada.

Buen alojamiento

- Confort durante el descanso.
- Confort térmico.
- Facilidad de movimiento.

Buena salud

- Ausencia de lesiones.
- Ausencia de enfermedad.
- Ausencia de dolor causado por prácticas de manejo

Comportamiento apropiado

- Expresión de un comportamiento social adecuado.
- Expresión adecuada de otras conductas.
- Interacción adecuada entre los animales y el hombre
- Estado emocional positivo.

Es importante señalar que resulta indudable que el sufrimiento de los animales es un aspecto clave para conocer su bienestar. La incapacidad del animal de adaptarse a su entorno causa sufrimiento, por lo que, la posibilidad de contar con herramientas que permitan estudiar los parámetros para cuantificar el grado de adaptación de los animales resulta indispensable para obtener información útil sobre su bienestar (Manteca, Mainau y Temple, 2012).

En los sistemas de producción, la atención por el bienestar animal puede impactar positivamente en la productividad, la calidad e inocuidad de los alimentos y los beneficios económicos, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la prosperidad económica (OIE, 2017).

II.3. Clavo de olor

El clavo de olor es una especia perteneciente a la familia *Myrtaceae*, proveniente del árbol tropical de hoja perenne *Eugenia caryophyllata*, también conocido como *Syzygium aromaticum* (Singh, Baghotia y Goel, 2012). Es originaria de Indonesia; sin embargo, actualmente se cultiva en Madagascar, Tanzania, China, Malasia, México, Sri Lanka, Haití, entre muchos otros países (Singletary, 2014).

Los clavos enteros son los botones sin abrir y se cosechan cuando las hojas verdes externas han cambiado de color a un amarillo-rosa (Pandey y Singh, 2011). En la medicina tradicional China, el clavo era usado para tratar, entre otras cosas, indigestión, náuseas, vómito e infecciones. Hoy en día, puede ser usado como remedio para diversos problemas como tos, resfriados, diabetes, dolor de muelas, pérdida de memoria, disfunción eréctil y artritis. Además, se le han encontrado usos culinarios; aplicación en perfumes, detergentes, cigarrillos, entre otros (Singletary, 2014).

Los tallos, las hojas y los botones sin abrir son las partes de esta especia que se utilizan principalmente para la extracción de aceite esencial (Srivastava y Syamsundar, 2005), el cual se obtiene mediante la destilación al vapor de dichas partes.

Un componente predominante de esta especia es el eugenol, que se cree que es el principal contribuyente de sus acciones biológicas. Otros componentes activos incluyen el β -cariofileno, isoeugenol, flavonoides, acetato de eugenol, taninos y ácidos cinámicos (Singletary, 2014; Jirovetz *et al.*, 2006; Nassar *et al.*, 2007).

E. caryophyllata es considerada la principal fuente de eugenol; este compuesto también ha sido identificado en otras especias como nuez moscada, canela y

albahaca (Singletary, 2014; Ogata *et al.*, 2000; Chaieb *et al.*, 2007; Pramod *et al.*, 2010).

II. 3. 1. Presentaciones del clavo de olor

El clavo posee diferentes presentaciones, las cuales se pueden obtener mediante diversos métodos de extracción como molienda, hidrodestilación, hidrodifusión, extracción con dióxido de carbono líquido, extracción con disolventes como etanol; entre otros (Aguilar *et al.*, 2013).

- Aceite esencial de clavo: contiene 75%- 90% de eugenol, β -cariofileno y acetato de eugenol (Chaieb *et al.*, 2007; Pramod *et al.*, 2010).
- Extracto etanólico de clavo: contiene eugenol, β -cariofileno, acetato de eugenol, flavonoides y taninos (Myint *et al.*, 1996; Tanko *et al.*, 2008).
- Extractos de hexano: contiene eugenol, acetato de eugenol, β -cariofileno, flavonoides, fenoles, saponinas y taninos (Mukhopadhyay, 2000; Uju y Obioma, 2011).
- Extracto acuoso: contiene eugenol, saponinas, flavonoides, taninos y derivados del eugenol (Jin y Cho, 2011).
- Clavo en polvo: eugenol, β -cariofileno (Singletary, 2014).

La composición de un extracto puede variar considerablemente, dependiendo del método de extracción utilizado (Singletary, 2014).

II. 3. 2. Propiedades biológicas del clavo

a) Actividad antimicrobiana.

Numerosos investigadores han estudiado las propiedades del clavo para inhibir el crecimiento de diversos microorganismos (Singletary, 2014; Pérez y Aniseni, 1994; Keskin y Toroglu, 2011; Arora y Kaur, 1999; Taguachi *et al.*, 2005; Singh *et al.*, 2007; Garabadu *et al.*, 2010).

Al respecto, diversos trabajos mencionan que el crecimiento de una variedad de organismos asociados con infecciones humanas, tales como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes*, especies de *Shigella*, *Salmonella* entérica serovariedad *typhi* y *Pseudomonas aeruginosa*, es suprimido *in vitro* por extractos acuosos y alcohólicos de clavo con una concentración mínima inhibitoria en rangos de 11 a 250 $\mu\text{g/ml}$ (Pérez y Aniseni, 1994; Ali *et al.*, 2011; Keskin y Toroglu, 2011; Arora y Kaur, 1999).

En un estudio realizado por Saini, *et al.*, (2009), donde se alimentó a ratones con aceite de clavo (0.5 mL de suspensión al 1.0% g/mL) durante períodos de 15 y 30 días antes de la instilación intranasal con *Klebsiella pneumoniae* para inducir una neumonía aguda. Los ratones exhibieron una disminución significativa en la colonización de *K. pneumoniae* en el daño tisular del tracto respiratorio en comparación con los controles.

Así mismo, Taguachi *et al.*, (2005), evalúan la eficacia antifúngica *in vivo*. Para ello, se infectaron ratones por vía oral con *C. albicans*; la aplicación de una preparación de clavo (10,4 mg) en la cavidad oral disminuyó las lesiones macroscópicas en la superficie lingual y retrasó la invasión del micelio de *Candida*. La dosificación intragástrica de estos ratones con este extracto de clavo (41.5 mg) disminuyó el número de células de *Candida* viables en el estómago y las heces. A pesar de la falta de datos sobre la composición del extracto, este estudio proporciona evidencia de que la ingesta oral de clavo como alimento herbal puede ser útil para suprimir la colonización de *C. albicans* en el tracto digestivo.

b) Actividad anti estrés

En las explotaciones de gran escala de pollo de engorda, las aves están bajo frecuentes factores estresantes, impactando negativamente en su salud y rendimiento, disminución del consumo de alimento, menor ganancia de peso y aumento de la mortalidad, como resultado de intensas modificaciones hematológicas, bioquímicas, metabólicas y hormonales (Díaz, 2014; Medina, 2016).

Por esta razón se han realizado investigaciones acerca del uso de productos que disminuyan el estrés. Rubio *et al.*, (2015) evaluaron los efectos de un modulador alostático (AM) en el estrés antemortem midiendo el aspecto y la calidad microbiológica de canales de pollos de engorda. Para este estudio se utilizaron 600 pollos de 49 días a los cuales se les administró un modulador alostático que contenía ácido ascórbico, ácido acetilsalicílico y electrolitos, administrados por vía oral 48 horas antes del envío a la planta de procesamiento. Los resultados encontrados en pollos de engorde bajo tratamiento AM mostraron una reducción en los defectos de la canal, pH, recuentos de coliformes, y bacterias mesófilas aeróbicas totales comparado con el tratamiento de control, por lo que este estudio indica que el AM se puede usar para mejorar la calidad de la canal en pollos de engorde.

Para evaluar el efecto antiestrés del extracto hidroalcohólico de clavo sobre úlceras gástricas inducidas por restricción en frío y cambios bioquímicos inducidos por estrés acústico, Singh *et al.*, (2007) utilizaron dicho extracto en dosis de 100 y 200

mg/kg vía oral en ratas Albino Wistar con un peso entre 175-250 g y ratones albinos suizos con un peso entre 25-40 g durante 14 días. Los resultados muestran que el extracto hidroalcohólico de clavo posee actividad antiestrés. El mecanismo del clavo puede deberse a la acción que ejerce sobre el sistema nervioso central o endócrino y también a su efecto antioxidante, ya que previene el daño inducido por el estrés que es causado por la generación de radicales libres (Cotran *et al.*, 2000; Sen *et al.*, 1992)

En otro estudio (Garabadu *et al.*, 2010), se evaluó el eugenol como agente antiestrés mediante la modulación del eje hipotalámico-hipofisario-suprarrenal (HHS) y sistemas monoaminérgicos cerebrales en un modelo de restricción de 4 horas en jaulas de contención. Para este estudio se utilizaron ratas albinas de un peso de 200 ± 20 g; el eugenol se administró por sonda oral a tres grupos diferentes (25, 50 y 100 mg/kg) disuelto en 40% de polipropilenglicol en tampón de fosfato (pH 6,8), durante 7 días consecutivos.

Los resultados sugieren que el eugenol posee una actividad antiestrés significativa regulando los canales de cationes dependientes de voltaje y la liberación de neurotransmisores. El eugenol disminuyó los índices de úlcera y corticosterona plasmática. Asimismo, revirtió los cambios inducidos por el estrés en los niveles de serotonina en todas las regiones del cerebro, mientras que los niveles de norepinefrina se revirtieron en todas las regiones del cerebro excepto en el hipocampo. Por otro lado, el eugenol no alteró el aumento inducido por el estrés en los niveles plasmáticos de norepinefrina, lo cual, de acuerdo con Garabadu, *et al.*, (2010) sugiere que el sitio de acción del eugenol se encuentra específicamente en el eje HHS, inhibiendo su activación durante el estrés, sin afectar al eje simpático adrenal. De esta manera se puede suponer que al interferir selectivamente con el eje HHS independientemente del eje simpático adrenal, el eugenol puede romper el ciclo de avance de la interacción entre la norepinefrina y la corticotropina.

c) Actividad como promotor de crecimiento

Ante la tendencia global de restringir el uso de antibióticos como promotores del crecimiento en el alimento de los animales domésticos como las aves de engorda, se generó una gran demanda por utilizar alternativas naturales. Se ha propuesto una amplia gama de productos alternativos para sustituir a los antibióticos promotores del crecimiento, como los extractos de plantas, con el fin de disminuir el número de bacterias patógenas, mejorar la capacidad de absorción del intestino y mejorar parámetros productivos y rendimiento (López, 2015).

En un estudio realizado por Sgoifo *et al.*, (2003), se examinó la actividad de distintos aceites esenciales para criar ganado de carne, con el objetivo de verificar si su uso era capaz de mejorar la ganancia de peso y el estado de salud del ganado tras haber aplicado al ganado la vacunación contra la rinotraqueítis infecciosa bovina (BHV1), el virus de la parainfluenza-3, el virus sincitial respiratorio, el virus de la diarrea viral bovina y al tratamiento antiparasitario con ivermectina inmediatamente después del desembarque de los animales. Para este propósito, se usaron 45 bovinos de la raza Charolais con un peso promedio de 420 kg. El ganado tratado con la combinación de tres aceites esenciales de cinamaldehído, eugenol y pimienta, utilizando 0.8 g por cabeza por día, mostró mejores resultados de crecimiento que los controles, con una ganancia de peso de aproximadamente 130 g por cabeza por día durante los primeros 53 días y un total de aproximadamente 90 g por cabeza por día durante todo el período de finalización. En cuanto a la respuesta inmune, se colectaron muestras de sangre para la evaluación de algunos indicadores del estado de salud de los animales, tales como la titulación de anticuerpos contra rinotraqueítis infecciosa bovina. Mediante estos análisis se encontró que la administración de estos aceites esenciales contribuyó a un retorno más rápido a las condiciones fisiológicas después del estrés del transporte.

Yan y Kim, (2012), realizaron un estudio en cerdos en crecimiento para evaluar el efecto del eugenol y del cinamaldehído en el aumento del rendimiento, la digestibilidad de nutrientes, las características de la sangre, la cantidad de microorganismos fecales y el contenido de amoníaco y ácido sulfhídrico. Se usaron 96 cerdos en crecimiento (26.56 ± 0.42 kg), los cuales fueron asignados aleatoriamente a 3 tratamientos diferentes: dieta basal sin ningún aditivo (CON); dieta basal + 1,000 mg de eugenol / kg (ET); dieta basal + 1,000 mg de cinamaldehído / kg (CT), durante 5 semanas. Los resultados mostraron que la administración de eugenol y cinamaldehído no afectó el aumento del rendimiento y la digestibilidad aparente del tracto total. Las dietas CT y ET condujeron a una concentración de linfocitos mayor, en comparación con la dieta CON. La inclusión de CT y ET disminuyó la concentración fecal de *E. coli*. Asimismo, los cerdos alimentados con dietas suplementadas con eugenol y cinamaldehído redujeron la concentración de amoníaco y ácido sulfhídrico a lo largo del experimento.

De igual manera, Ahmed (2011) desarrolló un estudio en pollos de engorde, donde empleó aceite esencial de *S. aromaticum* como alternativa natural para estimular el crecimiento en estos animales. Para tal efecto se usaron 105 pollos (Ross 308), no sexados de 7 días de edad, los cuales se dividieron en cinco grupos a los que se les asignó una dieta diferente durante 39 días. La dieta control fue diseñada para cumplir con los requisitos nutrimentales de los pollos (A); dieta B (control + un antibiótico 0.01); las dietas C, D y E fueron la dieta control suplementada con

200,400 y 600 mg / kg de aceite de clavo respectivamente. Se realizaron mediciones de consumo y peso de los animales semanalmente. De este estudio se reportó que los pollos tratados con aceite de clavo tuvieron un aumento en peso corporal con respecto a los controles y a los tratados con antibióticos, al adicionar a la dieta una dosis de hasta 600 mg/kg por día.

II.3. 3. Metabolismo del clavo de olor

Badger *et al.*, (2002) realizaron un estudio para evaluar la absorción, distribución, metabolismo y excreción del isoeugenol en ratas. Para esto, utilizaron ratas macho F-344 (175-250g) a las cuales se les administró una sola dosis oral de isoeugenol (156 mg / kg, 50 mCi / kg); así mismo se administró isoeugenol (15.6 mg / kg, 120 mCi / kg) en emulsión / etanol / solución salina vía intravenosa. Los resultados indican que más del 85% de la dosis administrada se excretó en la orina predominantemente como metabolitos de sulfato o glucurónido en 72 h. Aproximadamente el 10% se recuperó en las heces. No se detectó isoeugenol en la sangre en ninguno de los momentos analizados. Después de la administración intravenosa, el isoeugenol desapareció rápidamente de la sangre. Las características de excreción fueron similares a las de la administración oral. Los resultados de estos estudios muestran que el isoeugenol se metaboliza rápidamente y se excreta predominantemente en la orina.

II. 4. Puntos críticos de la producción de aves que afectan su bienestar.

Las aves de engorda logran un rápido desarrollo debido a su genética, por esta razón son capaces de obtener un peso promedio de 2.3 a 2.8 kg entre 5 a 7 semanas para una parvada mixta de machos y hembras. Existen dos tipos de comercialización de las aves de engorda: pollo de rosticería (canal sin vísceras, cabeza y patas), las cuales son llevadas al rastro entre las 5 y 6 semanas de edad y el pollo destinado al mercado público (canal con vísceras) de 7 semanas (Castañeda *et al.*, 2013).

De acuerdo con Fletcher (1991), existen factores antemortem a corto plazo que afectan la calidad final de la carne, estos ocurren durante las últimas 24 horas de vida de las aves. Castañeda *et al.*, (2013) mencionan que dichos factores son: el manejo que reciben los pollos durante las etapas de ayuno y retiro de agua; la captura y enjaulado; el embarque, transporte, desembarque y manejo en la planta de procesamiento; la matanza y el posterior enfriado de la canal.

II. 4 .1. Ayuno

Antes de que las aves sean capturadas y transportadas hacia la planta de procesamiento, se realiza el retiro del alimento para permitir la evacuación del contenido intestinal (Bilgili, 1988; Bartov, 1992), lo cual disminuye el riesgo de la ruptura del tracto gastrointestinal durante el eviscerado y por consiguiente reduce la contaminación de las canales y del equipo de proceso. Otro de los objetivos del ayuno, es disminuir la presión metabólica a la que son expuestas las aves durante su captura y transporte; esto se logra cuando el animal tiene el sistema digestivo relativamente vacío ya que aminora la producción de calor, el flujo de sangre a las vísceras y la demanda de oxígeno, teniendo como resultado un menor estrés para las aves (Castañeda *et al.*, 2013). Dichos objetivos logran un aumento en la rentabilidad, en la inocuidad y la vida útil de la carne, además de reducir los costos que implican el reproceso de canales contaminadas con materia fecal (Monleón, 2012)

El ayuno de la parvada se refiere al tiempo total que las aves no tienen acceso al alimento antes de la matanza, comenzando desde el retiro del alimento, el cual se debe realizar entre 8 y 12 horas previas a la matanza; posteriormente el retiro del agua se realiza antes de la captura, hasta el tiempo que los pollos permanecen en el andén de espera en la planta de procesamiento (Northcutt y Buhr, 2010; Monleón, 2012; Castañeda *et al.*, 2013; Ludtke *et al.*, 2015).

El proceso del ayuno debe considerar en todo momento el bienestar de las aves. Freeman, (1984) indicó que la retirada de alimento induce alteraciones conductuales y fisiológicas, lo que muestra que los pollos pueden sufrir de estrés.

Un tiempo de ayuno insuficiente puede ocasionar que los pollos lleguen a la planta de procesamiento con el buche lleno; por lo tanto, al no contar con un diafragma, una vez que son colgados en la línea de procesamiento, el alimento regresa por el efecto de la gravedad y ejerce presión sobre la tráquea, ocasionando dificultad para respirar y por consiguiente miedo y aleteo en las aves, lo cual puede generar daños en las alas y la pechuga que se traducen en decomisos y pérdidas económicas (Cervantes, 2018). Por otra parte, un tiempo excesivo de ayuno puede producir un impacto negativo en el rendimiento, la calidad y la rentabilidad de la canal, por lo que se debe buscar un equilibrio entre lograr una buena inocuidad y evitar una pérdida excesiva de peso (Monleón, 2012).

II. 4. 2. Captura

Esta etapa es una de las que mayor estrés puede causar a las aves debido a que se les extrae del entorno en que se han desarrollado y por la manipulación directa

del animal (Castañeda *et al.*, 2013). Este proceso conlleva un alto riesgo de lesiones y muerte de las aves (Knierim, 2003; Chauvin *et al.* 2011), las cuales en ocasiones ocurren por la captura o manejo previo a su matanza, incluso cuando se cuenta con operarios que tienen experiencia o procedimientos de captura ya estandarizados (Spotswood *et al.*, 2012). Existen muchos factores que pueden influir en el grado de estrés de las aves al momento de la captura como el personal, el equipo de captura, el horario en que se lleva a cabo, el tiempo que tarda en realizarse, el ruido generado por las aves, entre otros (Castañeda *et al.*, 2013).

Los pollos de engorde pueden adaptarse a distintos niveles y tipos de ruido; sin embargo, en la medida de lo posible deberá minimizarse la exposición de los pollos de engorde a ruidos fuertes o repentinos, con el fin de prevenir el estrés (OIE, 2019).

En las granjas avícolas existen dos sistemas de captura ampliamente utilizados: a). métodos manuales que a su vez se dividen en brasileño y tradicional y b). los métodos mecanizados que se definen de acuerdo con el tipo de maquinaria utilizada para la captura (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012; Castañeda *et al.*, 2013; López *et al.*, 2015). En el método manual tradicional, los pollos son capturados por una pata y se llevan a su jaula invertidos junto con tres a cinco pollos en una mano y uno o dos en la otra mano (Langkabel *et al.*; 2015). De acuerdo con The Humane Slaughter Association (2011), se recomienda utilizar la captura brasileña, la cual implica sostener a las aves con un agarre sobre las alas, en posición vertical, debido a que puede reducir el estrés ocasionado por el manejo y en caso de que sea necesario utilizar el método tradicional, indican que la mejor práctica es capturar a las aves por ambas patas.

Con respecto a los métodos mecanizados, las máquinas de captura tienen mayores ventajas sobre los costos de mano de obra al disminuir la manipulación por parte de los operarios y al disminuir el tiempo de operación, además pueden reducir la incidencia de daños en pierna y ala ocasionados a las aves (Castañeda *et al.*, 2013). En un estudio realizado por (Knierim, 2003), indicó que un método mecánico de tipo barredora tiene el potencial de limitar el número de lesiones en las piernas de las aves durante la captura y el número de aves muertas a la llegada del transporte; mientras que Chauvin *et al.* (2011) mencionan que el método mecánico está asociado con una tasa más alta de muertes a la llegada a la planta de procesamiento en comparación con el método manual.

Las lesiones más frecuentes que se pueden observar durante la inspección ante y post-mortem son: hematomas, dislocación de fémur y fracturas de alas (Castañeda *et al.*, 2013; OIE, 2019). Dentro de estas, los hematomas son la lesión más común asociada con el mal manejo durante la captura. Aproximadamente el 90-95% de los hematomas encontrados en los pollos durante la inspección ocurren durante las 12

horas previas a la matanza. De las cuales, 40% ocurren durante la captura, por lo que una herramienta útil para saber en qué punto del proceso se tienen problemas, es determinando la edad de los hematomas, de esta manera se podrá conocer si se requiere capacitación adicional para los operarios, o si se toman otras medidas pertinentes para la corrección de dichos problemas (Monleón, 2012).

II. 4. 3. Transporte a la planta de procesamiento

Un importante indicador de la falta de bienestar animal durante el manejo *ante mortem*, es el porcentaje de aves que llegan muertas al establecimiento de matanza o también conocido como DoA (aves muertas a la llegada) por sus siglas en inglés (Vecerek *et al.*, 2006). La muerte durante el transporte puede estar influenciada por factores como: lesiones o fracturas de fémur y alas, estrés térmico, asfixia, alta densidad de carga, así como a enfermedades ya sean crónicas o agudas adquiridas desde la granja (Nicol y Scott, 1990; Bayliss *et al.*, 1990). La época del año, el momento de transporte, las temperaturas extremas y humedad ambiental pueden estar asociadas con el porcentaje de hematomas de los pollos de engorde (Nidjam *et al.*, 2004).

Durante el transporte, los vehículos deben contar con las condiciones adecuadas para brindar confort a las aves; es decir, en caso de que la temperatura sea muy baja, se debe colocar una protección para minimizar el frío y cuando la temperatura sea muy alta se recomienda que las jaulas se coloquen con una separación mínima de 10 cm entre cada dos columnas, de esta manera se favorece la ventilación y la dispersión de calor, y se evita que el microclima, que se genera al interior del vehículo, sea perjudicial para los pollos (Monleón, 2012; Castañeda *et al.*, 2013)

Algunos autores (Ali *et al.*, 2006; Vecerek *et al.*, 2006; Mota-Rojas *et al.*, 2011) indican que el transporte que se realiza durante tiempos o trayectos largos hacia la planta de proceso o bajo temperaturas extremas, puede elevar considerablemente el número de aves muertas a la llegada; por lo tanto, se recomienda minimizar las paradas durante el transporte (Monleón, 2012). Por otra parte, Vecerek *et al.*, (2006) encontraron que la incidencia de carne PSE y DFD, así como una contaminación microbiana de la carne y por lo tanto una alteración del olor, se encuentran relacionadas con las condiciones en las que fueron transportadas las aves.

Los pollos de engorda tienen una temperatura corporal de 41 a 42 °C (Quintana *et al.*, 2011). La zona termoneutral a la que las aves pueden mantener su temperatura sin alterar su tasa metabólica se encuentra entre 23 a 29°C y es recomendable mantenerla para evitar pérdidas de peso y para conservar el bienestar de las aves (Watts *et al.*, 2011). Las aves pueden regular su temperatura a través del jadeo, mediante la vasodilatación periférica y por medio de cambios posturales como alejar

las alas de su cuerpo para permitir el paso del aire hacia las zonas menos emplumadas y, por lo tanto, perder calor. En el caso del jadeo, este mecanismo puede verse afectado cuando el aire inhalado por el ave es demasiado húmedo. Por ello la combinación de una temperatura elevada con una humedad alta puede ser más estresante para los pollos que sólo una temperatura alta (Quintana *et al.*, 2011).

Durante el transporte, las aves no cuentan con el suficiente espacio para realizar cambios de posición y regular su temperatura; por lo tanto, cobra vital importancia el brindar un espacio adecuado entre jaulas para permitir el flujo del aire (Nicol y Scott, 1990). La densidad de carga en las jaulas de transporte debe ser óptima para adaptarse a las condiciones climáticas y para mantener una temperatura confortable dentro de los contenedores. Además, se debe tener especial cuidado en el manejo durante la carga y descarga de las jaulas, para evitar que las aves sufran de lesiones que repercuten negativamente en el bienestar y la calidad de la carne (OIE, 2014).

II. 4. 4. Espera en andén

Después de que los pollos son transportados a la planta de procesamiento, deben permanecer durante un tiempo en el andén de la planta antes de ingresar al área de matanza, a este tiempo se le conoce como espera en andén y este periodo es crítico para el bienestar de las aves, así como para asegurar la continuidad en el flujo de animales a la línea de proceso (Castañeda *et al.*, 2013). Asimismo, mientras que, para otras especies de animales como los bovinos, los ovinos y los cerdos, el reposo después del transporte es recomendable, para los pollos representa un factor de riesgo para su integridad y bienestar por el estrés al que están sometidos (Medina *et al.*, 2016).

Los pollos permanecen en sus jaulas mientras esperan la hora de entrada a la planta de procesamiento. El tiempo y las condiciones bajo las cuales permanecen en el andén pueden variar considerablemente. En ocasiones, las aves esperan durante períodos prolongados debido a un mal manejo por parte de los operarios, por retrasos en la llegada programada a la planta de procesamiento o por fallas en los equipos de procesamiento (Bayliss y Hinton, 1990). Se recomienda el período de espera de 1 hora, no más de 2 horas, como el ideal para el bienestar de las aves y la calidad de la carne. Cuando los vehículos se encuentran detenidos, la temperatura al interior de este se incrementa; por lo tanto, las aves que esperan mucho tiempo en el camión pueden sufrir problemas de deshidratación debido a que no tienen acceso al agua (Ludtke *et al.* 2015).

El área de espera donde se colocan los pollos de engorde debe estar diseñada adecuadamente para salvaguardar el bienestar de las aves durante todo el tiempo

que permanezcan en ella (Bayliss y Hinton, 1990; Vieira *et al.*, 2011). Durante esta espera, se debe de realizar la inspección de la parvada (Vieira *et al.*, 2011); si se observa que las aves se están amontonando, se debe a que la temperatura en el andén es muy baja o si las aves están jadeando, entonces la temperatura es muy alta, por lo que las condiciones ambientales no son las óptimas y se deben modificar para evitar que las aves sufran estrés térmico, ya sea mediante rociadores en caso de climas muy cálidos o mediante calefacción en bajas temperaturas (Monleón, 2012).

II. 4. 5. Proceso de matanza

En la etapa en que las aves son procesadas en la línea de matanza, el método de aturdimiento y el desangrado cobran una gran importancia, ya que, de no realizarse correctamente, se podría permitir el retorno de la consciencia de los pollos ocasionando sufrimiento a los animales (Medina *et al.*, 2016). La presencia de daños físicos en las canales, como los hematomas, rasguños, entre otros, además de alteraciones de las características fisicoquímicas de la carne como el pH, color, capacidad de retención de agua y fuerza de corte, son indicadores de que las aves cursaron por un pobre bienestar debido a un estrés crónico o agudo antes de su matanza (Shawkat *et al.*, 2008; Grandin, 2010).

a). - Colgado en la línea de procesamiento

El colgado en línea es un proceso automatizado que permite alcanzar una alta velocidad en la matanza en un corto periodo de tiempo.

Esta etapa requiere un manejo extremadamente estresante para los pollos de engorde. Una vez que las aves se encuentran colgadas, existen diversos factores que pueden causar estrés y lesiones, tales como: miedo y angustia asociados con el colgado boca abajo que inducen aleteo en la mayoría de las aves, provocando lesiones, tales como dislocaciones y fracturas; dolor en las patas o en los tarsos debido a la compresión generada por el gancho al momento del colgado; vocalizaciones e intentos por incorporarse y reflejo del comportamiento de fuga (EFSA, 2004; Ludtke *et al.*, 2015). Por estas razones, el recorrido en la línea de colgado debe ser lo más corto posible con el fin de garantizar que las aves lleguen tranquilas al tanque de agua.

Las aves deben estar colgadas de ambas patas, el gancho debe ser del tamaño correcto para acomodar las patas de una manera correcta y que evite que se puedan salir con el movimiento, pero que al mismo tiempo no quede demasiado apretado para evitar lastimar a los pollos (DEFRA, 2007). El intervalo entre la suspensión en los ganchos y el aturdimiento no debe ser superior a un minuto

(NOM-033-SAG/ZOO-2014).

El personal encargado del colgado de las aves deberá estar bien capacitado para manejar correctamente a los pollos, de tal manera que eviten herirlos en el punto del colgado. Asimismo, las líneas de colgado deben ser diseñadas para proteger el bienestar de las aves (EFSA, 2004).

De acuerdo con Kannan y Mench (1996) el colgado de los pollos en la línea de procesamiento representa un evento que induce a un aumento en los niveles plasmáticos de corticosterona, la cual sirve como un indicador del estrés en las aves.

b). - Electro aturdimiento en tanque de agua.

El aturdimiento de las aves antes de la matanza es una práctica indispensable para inducir la pérdida de la consciencia en los pollos, lo cual provoca inmediatamente que los animales sean insensibles al dolor y no tengan miedo, de modo que la matanza pueda realizarse sin ansiedad, sufrimiento y angustia por parte de los animales (EFSA, 2004).

Una vez que los pollos son colgados en la línea de procesamiento, entran a un tanque de aturdimiento, el cual debe tener el tamaño y la profundidad necesarios para garantizar la inmersión de la cabeza de cada ave (Ludtke *et al.*, 2015). De esta manera se permite una correcta aplicación de la corriente eléctrica. Además, se recomienda añadir sal al tanque para mejorar la conductividad del agua (NOM-033-SAG/ZOO-2014).

La energía eléctrica provoca el aturdimiento de los animales a través del amperaje que pasa por el cerebro durante los primeros 3 a 5 segundos. El voltaje facilita la transmisión del amperaje, ya que vence la resistencia que ofrecen los diferentes tejidos del animal al paso de la corriente (Ludtke *et al.*, 2015). Los parámetros utilizados para aturdir a las aves son de 25-30 Volts con 400 Hertz y 0.2 Amperes para lograr un estado de inconsciencia de 60-90 segundos. La corriente debe aplicarse al menos por 5 segundos para alcanzar el aturdimiento correcto (NOM-033-SAG/ZOO-2014).

Los choques previos al aturdimiento son muy dolorosos para los pollos, estos ocurren cuando alguna parte de su cuerpo entra en contacto con el agua electrificada antes que la cabeza, provocando que las aves reciban una descarga eléctrica y por lo tanto se genere una reacción muy violenta por parte de los pollos que produzca en ellos sufrimiento y lesiones; por lo tanto, esta situación debe evitarse en todo momento (DEFRA, 2007).

El aturdimiento eléctrico requiere altos estándares de equipo técnico y personas bien capacitadas para realizar y monitorear la correcta aplicación del aturdimiento (EFSA, 2004).

De acuerdo con Ludtke *et al.*, (2015), los signos de recuperación de la conciencia y evidencia de un mal aturdimiento son:

- Tensión en el cuello (cuello en forma de «S»);
- Movimiento coordinado de las alas;
- Recuperación de la respiración rítmica;
- Intento de enderezarse (levantamiento de cabeza).

c). - Muerte por desangrado.

Esta fase es la que finalmente causa la muerte de los pollos. Todas las aves deben ser desangradas realizando un corte en las carótidas y yugulares en un lapso no mayor a 20 segundos posteriores al aturdimiento (OIE, 2014), para mantener un desangrado máximo de 2 minutos y 40 segundos, tiempo en el cual se presenta la muerte y de esta manera proceder al escaldado de las aves.

II. 5. Parámetros por medir para evaluar el bienestar animal *ante y post mortem*

Algunas medidas de bienestar de los animales comprenden indicadores basados en la evaluación de la ausencia de lesiones o el grado de deterioro de las funciones asociados a la presencia de lesiones, una enfermedad o a la desnutrición. Otras medidas aportan información sobre las necesidades de los animales y sobre su comportamiento, indicando si tienen hambre, dolor o miedo. Otras evalúan los cambios que manifiestan los animales a nivel fisiológico e inmunológico frente a distintas circunstancias. Los estándares que fueron diseñados para evaluarse en los animales miden las condiciones que son el resultado de prácticas de manejo deficientes, negligencia, abuso de animales o equipos mal diseñados (Grandin, 2010).

Parámetros Físicos: (WQ, 2009; Rubio *et al.*, 2015; Grandin, 2010; Allain *et al.*, 2009; Ludtke *et al.*, 2015)

- Número de aves muertas a la llegada (DoA)
- Pollos jadeando a su llegada
- Levantamiento de cabeza al salir del tanque de aturdimiento y en el degüello
- Pollos batiendo las alas al salir del tanque de aturdimiento y en el degüello

Defectos en la canal: (WQ, 2009; Castañeda *et al.*, 2013; Rubio *et al.*, 2015; Grandin, 2010; Allain *et al.*, 2009).

- Hematomas (piernas, espaldas, pigostilos (vertebras caudales), pechos, cuellos, alas)
- Huesos rotos o dislocados
- Decomisos totales
- pH
- Color

III. Hipótesis

La administración de clavo de olor (*Eugenia caryophyllata*) en pollos de engorda tendrá un efecto positivo para reducir el estrés durante el transporte, espera en andén y matanza, lo que contribuirá en la disminución de defectos en la canal y en el mejoramiento de la calidad de la carne-

IV. Objetivos

IV. 1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la administración de clavo de olor debido al estrés producido durante el transporte, espera en andén y matanza, sobre el bienestar y la calidad de la carne en pollos de engorda

IV. 2. Objetivos específicos

- Comparar el efecto de la administración del clavo de olor sobre bienestar de los pollos de engorda durante las etapas de captura, transporte, desembarque y matanza.
- Evaluar el efecto de la administración del clavo de olor sobre la presencia de hematomas y fracturas de la canal en pollos de engorda.
- Evaluar el efecto de la administración del clavo de olor sobre las características químicas, físicas y de calidad de la carne.
- Comparar el efecto de la administración del clavo de olor sobre las canales de pollos de engorda.

V. Material y métodos

NOTA ÉTICA:

El presente proyecto de investigación fue evaluado y aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE-FMVZ/UNAM), en el cual se tomaron en cuenta todos los procedimientos a realizar durante la fase experimental y en apego a los lineamientos establecidos por el comité, por lo que, los animales utilizados para los propósitos de esta investigación fueron manejados de manera apropiada y humanitaria en todo momento.

V. 1 Estrategia general

Se utilizaron un total de 432 pollos de engorda de 49 días de edad, provenientes del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv), de la FMVZ de la UNAM.

Los pollos fueron seleccionados aleatoriamente de una parvada mixta (machos y hembras) de estirpe Ross 308, con un peso aproximado de 2.9 ± 0.2 kg. Los animales fueron alojados a temperatura ambiente en corrales con cama de virutas de madera, comederos de tolva y bebederos de campana con continuo suministro de agua y alimento *ad libitum*.

Para el estudio se designaron 168 pollos, divididos en 3 grupos experimentales de 56 aves cada uno:

- Grupo control (alimento sin clavo)
- Grupo 1: dosis baja de clavo (250 mg/kg)
- Grupo 2: dosis alta de clavo (500 mg/kg)

El clavo fue agregado en forma de polvo en el alimento, el cual se suministró durante 4 días previos al transporte al rastro. En los tres grupos se midió el consumo de alimento, así como el peso inicial y final de los pollos. La época del año en que se realizó este experimento fue durante el verano en el mes de junio, donde el transporte se llevó a cabo entre las 11:00 am y las 15:00 pm.

V. 1. 1. Metodología

Una vez concluidos los tratamientos, se retiró el alimento 3 horas antes de la captura y las aves fueron colocadas en 7 jaulas de 8 aves cada una, por cada tratamiento (21 jaulas). Los pollos no pertenecientes a los grupos experimentales fueron destinados para completar la carga del camión (33 jaulas de 8 aves cada una), dando un total de 54 jaulas.

El personal encargado de realizar la captura fue debidamente capacitado previamente a la realización del experimento. La captura de todas las aves se realizó mediante el método brasileño; que consiste en agrupar a las aves en un espacio pequeño para facilitar la rápida captura. Los pollos se toman uno por uno, sosteniéndolos con las alas cerradas, para después colocarlos en su jaula (Castañeda *et al.*, 2013).

a). - Durante la etapa de **captura**, las variables medidas fueron:

- Tiempo de captura: La captura de los pollos inició al mismo tiempo para cada uno de los tres grupos y se midió la hora de inicio y término y tiempo por cada jaula.
- Nivel de ruido: Se midió mediante el uso de un Sonómetro Digital Portátil Integrador, TES (TE-1353H, con rango de medición de 30dB a 130dB). Este aparato electrónico mide el nivel de ruido existente en un ambiente determinado. El nivel de ruido se expresa en decibeles (dB).

El camión de carga contaba con una plataforma de 6 m de largo x 2 m de ancho. Los tres grupos experimentales fueron divididos en siete localizaciones diferentes en el camión, colocando una jaula de cada grupo en cada una de estas localizaciones (Figura 3 y 4). Las jaulas restantes se colocaron en los espacios faltantes del camión.

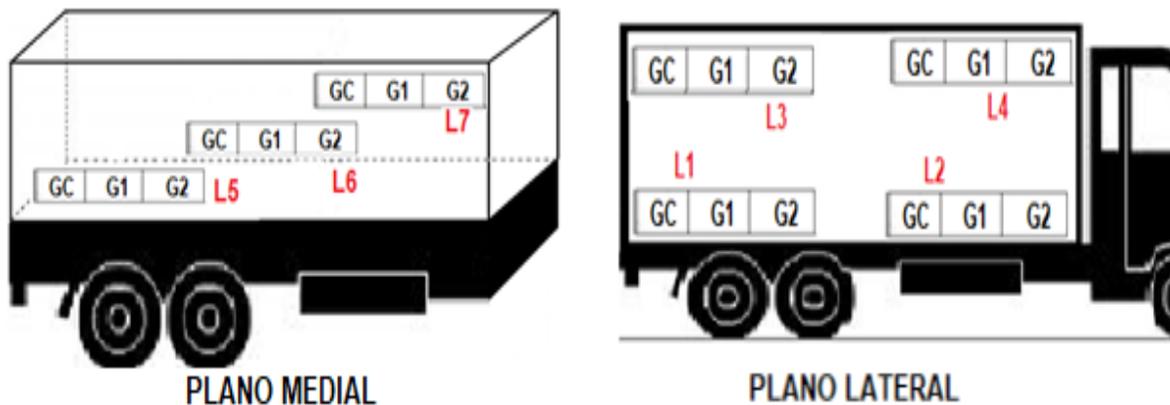


Figura 3. Esquema de las diferentes localizaciones designadas para las jaulas en el camión (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7). GC: Jaulas del grupo control, G1: jaulas del grupo de dosis baja de clavo, G2: jaulas del grupo de dosis alta de clavo.

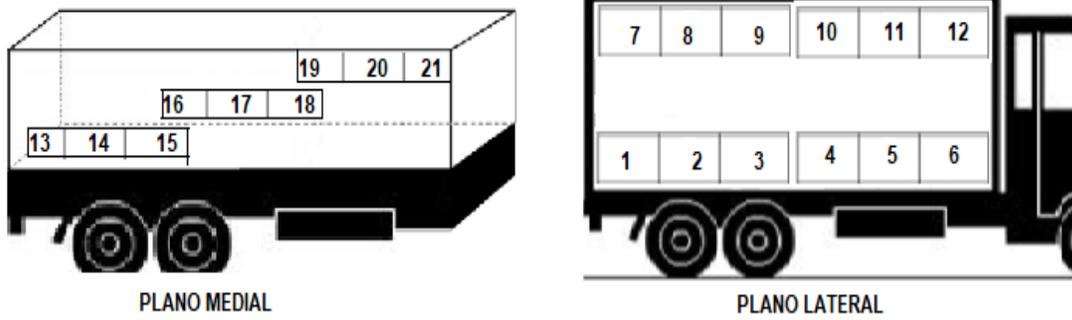


Figura 4. Esquema de la ubicación de las jaulas de acuerdo con el número correspondiente a cada una de ellas

b). - Durante el **transporte** las variables medidas fueron las siguientes:

- Temperatura y humedad ambiental al inicio del transporte mediante el uso de un termómetro digital ambiental (Digital Thermo LC131 con rango de medición de temperatura entre -50 °C a 70 °C)
- Tiempo de traslado, en el que se contabilizó el tiempo transcurrido desde el inicio del transporte hasta la llegada a la planta de procesamiento
- Temperatura y humedad al interior del vehículo, esta medición se realizó por medio de la utilización de termocronos (Thermochron iButton ds1921g-f5, con rango de temperatura en funcionamiento de -40°C a + 85°C), los cuales son instrumentos que toman una muestra de temperatura y/o humedad cada determinado tiempo y almacenan esa información en una memoria interna para poder realizar su lectura posteriormente. Estos aparatos se colocaron en una jaula de cada una de las 7 localizaciones destinadas en el vehículo
- (Figura 5); el tiempo programado para el registro de temperatura y humedad fue cada 5 minutos.

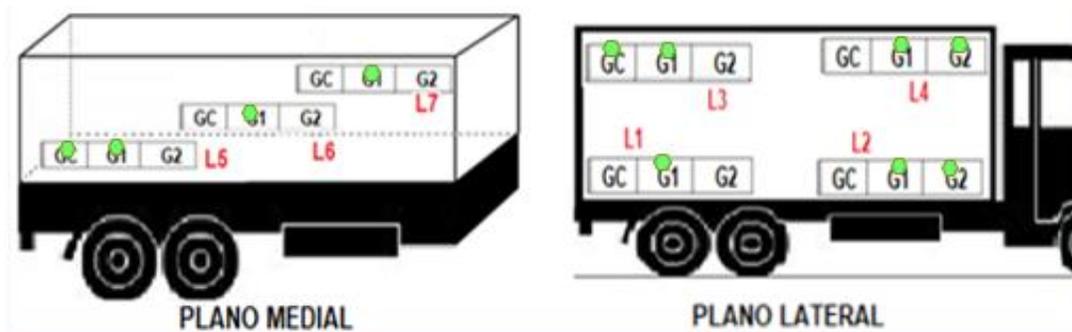


Figura 5. Esquema de las jaulas destinadas para las mediciones de temperatura y humedad en cada una de las localizaciones dentro del vehículo. Las mediciones de humedad se realizaron únicamente en las localizaciones 3, 5 y 6 y 7, debido a que no todos los dispositivos realizaban ambas mediciones.

Las aves fueron transportadas durante 3.5 horas a la planta de procesamiento para la matanza.

c). - Durante el **desembarque** las variables medidas fueron:

- Hora de llegada
- Temperatura y humedad ambiental a la llegada
- Temperatura al interior del vehículo a la llegada
- Tiempo de desembarque (hora de inicio y término)
- Nivel de ruido (decibeles)
- Número de aves muertas a la llegada
- Número de pollos jadeando a su llegada
- Número de aves lesionadas
- Tiempo de espera en andén

d). - El proceso de **matanza** se realizó en el módulo de procesamiento avícola del (CEIEPAv), siguiendo las condiciones estipuladas según la NOM-033-SAG/ZOO-2014.

Las variables medidas durante esta etapa fueron las siguientes:

- Número de aves que presentaron levantamiento de cabeza al salir del tanque de aturdimiento y en el degüello.
- Número de pollos batiendo las alas al salir del aturdimiento y en el degüello. Se tomaron 113 muestras de sangre al momento del degüello y se realizaron 113 frotis sanguíneos de los tres grupos para obtener la relación de heterófilos/ linfocitos (H/L).
- Se midió el pH (15 min y 2 h post-mortem) en el músculo pectoral mayor a todas las canales.
- Se evaluaron los defectos en la canal como hematomas, rasguños y fracturas mediante la inspección visual de las canales
- Se contabilizaron los decomisos totales.

e). - Calidad de la carne.

Las canales fueron refrigeradas a 4°C durante 24 horas para posteriormente realizar el despiece de cada una y de esta manera obtener el músculo pectoral mayor, en el que se realizaron los siguientes análisis físicoquímicos:

- **pH a las 24 horas post mortem:** Esta determinación se realizó mediante la utilización de un potenciómetro portátil con compensación de temperatura automática (HANNA), con electrodo de penetración el cual fue introducido en la parte superior derecha del músculo pectoral mayor de cada canal. Dicho instrumento se ajustó cada diez mediciones con soluciones tampón de pH 4.0 y pH 7.0.
- **Color:** Dicha medición se llevó a cabo utilizando un colorímetro Hunter-Lab MiniScan (HunterLab Associates, Reston, VA, USA, con una apertura de 2.54 cm, iluminante A, ángulo de 10°), después de haber transcurrido 15 minutos de realizar un corte en el músculo que permitiera la oxigenación de la muestra para determinar los valores de color: L* (luminosidad), a* (componente rojo), b* (componente amarillo), los cuales se tomaron en la parte interior del músculo pectoral mayor.
- **Capacidad de retención de agua (CRA):** Esta prueba se realizó mediante el método de compresión entre dos placas de policarbonato, para lo cual se colocó una muestra de 1 gramo de carne dentro de una hoja de papel filtro (N°54 de 110 mm de diámetro, marca Whatman ®) doblado por la mitad, posteriormente se colocó el papel filtro entre las dos placas de policarbonato y se sometió a compresión con una pesa de 2.5 kg durante 5 minutos. Al finalizar se realizaron las mediciones con ayuda de un planímetro digital Southgeosystems (QCJ-2000 Type Roller Measuring Range), en el cual se calculó el área de la carne aplanada (M) y del agua expulsada (T) para después obtener la relación M/T expresada en porcentaje por cada canal.
- **Pérdida por goteo a 24 y 48 horas:** Para esta medición se obtuvo un filete del músculo pectoral mayor con un peso que oscilaba entre 55 y 65 g por cada canal, los cuales se colocaron dentro de una bolsa suspendidos con un clip, evitando que la carne tocara las paredes. Posteriormente se almacenaron en un refrigerador a 3 °C para su próximo pesaje según el tiempo de almacenamiento a las 24 y 48 horas. Los resultados se representan en porcentaje, en función a la diferencia de peso inicial menos el peso final por 100 entre peso inicial (Morón- Fuenmayor *et al.*, 2004).
- **Pérdida por cocción:** Dicha determinación se llevó a cabo colocando una muestra de carne de cada canal en una parrilla precalentada a una temperatura de 180-200°C (el peso de cada muestra fue registrado previo al cocinado); durante este procedimiento se fue verificando la temperatura de la muestra con un termómetro con sonda de penetración (HANNA) hasta alcanzar los 35°C, después de lo cual se volteó la muestra hasta llegar a

70°C. Posteriormente se dejó enfriar la muestra y se registró su peso después del cocinado. Los resultados se representan por la diferencia del peso de la muestra antes y después de cocinarla y una vez que se enfrió.

- **Fuerza de corte:** En esta medición fueron utilizadas las muestras previamente cocinadas para la prueba de pérdida por cocción, para lo cual se utilizó un dispositivo para extracción de muestras de ½ pulgada de diámetro (sacabocado); dichas muestras fueron obtenidas en forma de cilindros de aproximadamente 1.6 cm de diámetro con un corte en forma paralela a la dirección de las fibras del músculo. Posteriormente, el procedimiento para evaluar la Fuerza de Corte se realizó mediante el aparato de Warner-Bratzler, el cual indica la fuerza necesaria para cortar un trozo de carne y se expresa en kg/cm².

VI. Análisis estadísticos

Se utilizó el software SPSS v24.0.0 para el análisis estadístico de las variables. Se comprobó la distribución de los parámetros cuantitativos como peso corporal, pH, color, pérdida por goteo, entre otros. Posteriormente se buscaron diferencias significativas entre los tres grupos experimentales con base en los resultados de las variables medidas. De manera adicional y con la finalidad de incluir la posición dentro del transporte como una variable explicativa (variaciones de temperatura y humedad) se realizó un análisis multivariado que incluyera las siguientes categorías: 1) Diferencias entre las 7 localizaciones de las jaulas durante el transporte, 2) Diferencias entre los tres tratamientos dependiendo de la localización de las jaulas durante el transporte y 3) Diferencias entre las 21 jaulas de los grupos experimentales, considerando cada jaula como una réplica. Estos análisis se realizaron de acuerdo con las pruebas adecuadas como ANOVA, Kruskal- Wallis, Chi cuadrado de Pearson, prueba exacta de Fisher y Mann Whitney.

VII. Resultados

a). - Captura

El tiempo total de captura fue de 16 min. y no mostró diferencia significativa al realizar la comparación entre tratamientos ($p=0.075$).

Cuadro1. Tiempos de captura de cada uno de los grupos.

Tiempo de Captura (seg.)		
	Mediana	Rango
Control	86	85-105
Dosis Baja	97	94-126
Dosis Alta	108	103-120

b). - Transporte

Durante el transporte, la media de temperatura fue de $29.6 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$, los registros de temperatura al interior del vehículo mostraron que las localizaciones 1,2,4, 6 y 7 fueron las que presentaron los valores más altos (Cuadro 2).

Localización	1	2	3	4	5	6	7
Media \pm DE	29,7 \pm 0,15	29,3 \pm 0,11	27,9 \pm 0,12	30,2 \pm 0,33	28,9 \pm 0,23	29,2 \pm 0,21	31,7 \pm 0,32

En cuanto al promedio de humedad durante esta etapa fue de $41.48\% \pm 6.12$; los registros de humedad al interior del vehículo indican que las localizaciones 3 y 6 fueron las que presentaron el mayor porcentaje (Cuadro 3).

Localización	3	5	6	7
Media \pm desv. Est..	44,7 \pm 0,65	38,8 \pm 0,71	46,06 \pm 0,86	36,71 \pm 0,56

La variación del porcentaje de humedad fue estadísticamente distinta entre las localizaciones 3, 5, 6 y 7 en el trayecto, del mismo modo, la variación de temperatura fue distinta entre la mayoría de las localizaciones (Cuadro 4 y 5).

Comparación entre localizaciones	p	Comparación entre localizaciones	p
1,2	0.056	3,4	<0.001
1,3	<0.001	3,5	0.01
1,4	0.5	3,6	<0.001
1,5	0.001	3,7	<0.001
1,6	0.004	4,5	0.008
1,7	<0.001	4,6	0.006
2,3	<0.001	4,7	0.001
2,4	0.017	5,6	0.578
2,5	0.053	5,7	<0.001
2,6	0.663	6,7	<0.001
2,7	<0.001		

Cuadro 5. Comparación entre localizaciones para las mediciones de humedad	
Comparación entre localizaciones	Valor-p
3,5	<0.001
3,6	0.311
3,7	<0.001
5,6	<0.001
5,7	0.036
6,7	<0.001

En cuanto a las mediciones de temperatura por jaulas, los resultados muestran que hubo diferencias significativas entre todas las jaulas donde fueron colocados los dispositivos para dichos registros (Cuadro 6).

Cuadro 6. Diferencias significativas entre las mediciones de temperatura por jaulas			
Comparación entre jaulas	p	Comparación entre jaulas	p
1,3	<0.001	4,6	<0.001
1,4	<0.001	4,8	<0.001
1,5	<0.001	4,10	<0.001
1,7	<0.001	5,6	<0.001
2,3	<0.001	5,8	<0.001
2,4	<0.001	5,10	<0.001
2,5	<0.001	7,10	<0.001
2,7	<0.001	8,10	<0.001
3,6	<0.001	9,10	<0.001
3,10	<0.001		

Los análisis de humedad por jaulas mostraron que hubo diferencias significativas en las comparaciones realizadas entre las jaulas destinadas para esta medición (Cuadro 7).

Cuadro 7. Diferencias significativas entre las mediciones de humedad por jaulas	
Comparación entre jaulas	p
7,14	<0.001
7,20	<0.001
14,17	<0.001
17,20	<0.001

c). - Desembarque

En esta etapa, los animales del grupo control presentaron 1.78% de muertes a la llegada (1/56), los de la dosis baja de clavo no tuvieron ninguna muerte y el grupo de dosis alta perdió al 8.92% de los animales (5/56), estas proporciones de muertes no mostraron diferencias significativas entre los tres grupos. Sólo se encontraron dos aves lesionadas en el desembarque: 1 de 56 del grupo control (1.78%) y 1 ave de 55 (1.81%) del grupo de dosis baja de clavo; de igual manera no hubo diferencias significativas entre los grupos.

Con respecto al número de aves que presentaron jadeo intenso durante el desembarque, en el grupo control se observó un 75% (42/56), en el grupo de dosis baja de clavo 98.1% (54/55) y en el grupo de dosis alta de clavo un 78.57% (44/56). No hubo diferencias significativas entre los grupos.

En cuanto a los análisis por jaulas; por localización y por tratamiento de acuerdo con la localización de las jaulas, ninguna de las variables medidas en esta etapa presentó una diferencia significativa (Cuadros 8 y 9).

Variable	p
Número de aves muertas a la llegada	0.99
Número de pollos jadeando a la llegada	0.57
Número de aves lesionadas	0.99

Variable	p
Número de aves muertas a la llegada	0.61
Número de pollos jadeando a la llegada	0.53
Número de aves lesionadas	0.77

En cuanto al nivel de ruido medido en la etapa de captura y desembarque, los niveles presentados fueron de 73 dB y 69.9-75 dB respectivamente, lo cual indica que estos niveles de ruido se mantuvieron por debajo de lo reportado por Chloupek *et al.*, (2009) donde indican que estímulos de ruido de intensidades entre 80 dB y 100 dB, mostraron un impacto importante en los niveles de corticosterona en plasma, el cual es un indicador aceptado para conocer el estado de estrés en las aves.

d). - Matanza

Durante la matanza, el peso de las aves y la relación Heterófilos/Linfocitos no presentaron diferencias significativas ($p=0.97$ y $p=0.12$ respectivamente); asimismo, las variables medidas como número de aves batiendo las alas, levantando la cabeza

después del aturdimiento y en el desangrado; y defectos en canal tampoco se vieron afectados por los tratamientos con clavo al realizar el análisis entre los tres grupos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Variables medidas entre tratamientos			
Variable medida	Grupo control (p)	Dosis baja (p)	Dosis alta (p)
Número de aves batiendo las alas después del aturdimiento	0.31	0.11	0.10
Número de aves levantando la cabeza después del aturdimiento	0.29	0.63	0.11
Número de aves batiendo las alas durante el desangrado	0.59	0.79	0.41
Número de aves levantando la cabeza durante el desangrado	0.63	0.73	0.40
Hematomas en ala	0.68	0.30	0.51
Ala rota	0.22	0.95	0.23
Hematomas en pechuga	0.83	0.90	0.74
Pierna rota	0.47	0.17	0.49
Rasguños	0.62	0.64	0.33

En cuanto a los análisis realizados entre las 7 localizaciones, las variables número de aves levantando la cabeza al salir del aturdimiento (29.81%) y en el desangrado (13.04%), número de aves batiendo las alas al salir del aturdimiento (24.84%) y en el desangrado (37.8%) y defectos en canal como ala (1.86%) y pierna rotas (0.62%), presentaron diferencias significativas en por lo menos una localización (Cuadro 11).

Cuadro 11. Variables medidas en el análisis por localización de las jaulas														
	L1		L2		L3		L4		L5		L6		L7	
	%	p	%	p	%	p	%	p	%	p	%	p	%	p
Número de aves levantando la cabeza al salir del aturdimiento	4/23=17,3%	0.16	2/24=8,3%	0.01	6/24=25%	0.57	10/21=47,6%	0.05	11/24=45,8%	0.06	9/24=37,5%	0.37	6/21=28,5%	0.89
Número de aves levantando la cabeza en el desangrado	0/23	0.04	0/24	0.04	2/24=8,3%	0.45	9/21=42,8%	0.000	2/24=8,3%	0.45	4/24=16,6%	0.56	4/21=19%	0.38
Número de aves batiendo las alas al salir del aturdimiento	6/23=26%	0.88	4/24=16,6%	0.31	5/24=20,8%	0.62	9/21=42,8%	0.04	8/24=33,3%	0.29	4/24=16,6%	0.31	4/21=19%	0.51
Número de aves batiendo las alas en el desangrado	9/23=39,1%	0.89	11/24=45,8%	0.38	4/24=16,6%	0.02	11/21=52,3%	0.14	10/24=41,6%	0.67	7/24=29,1%	0.34	9/21=42,8%	0.61
Hematomas en ala	3/23=13%	0.45	3/24=12,5%	0.4	6/24=25%	0.38	7/21=33,3%	0.06	4/24=16,6%	0.78	3/24=12,5%	0.4	4/21=19%	0.95
Ala rota	2/23=8,7%	0.009	0/24	0.46	0/24	0.46	0/21	0.49	0/24	0.46	0/24	0.46	1/21=4,76%	0.29
Hematoma en pechuga	0/23	0.16	2/24=8,3%	0.75	3/24=12,5%	0.23	1/21=4,7%	0.68	3/24=12,5%	0.23	0/24	0.15	2/21=9,5%	0.60
Pierna rota	0/23	0.68	1/24=4,1%	0.01	0/24	0.67	0/21	0.69	0/24	0.67	0/24	0.67	0/21	0.69
Rasguños	0/23	0.56	0/24	0.55	1/24=4,1%	0.16	1/21=4,7%	0.11	0/24	0.55	0/24	0.55	0/21	0.58

Los resultados mostrados por el análisis entre las 21 jaulas indican que en el peso de las aves antes del aturdimiento, no existió ninguna diferencia significativa entre las jaulas; sin embargo, sí existieron diferencias significativas en las demás variables medidas durante la etapa de matanza. Dichas diferencias se presentaron en por lo menos una jaula para cada variable (Cuadro 12).

Cuadro 12. Variables medidas en el análisis por jaulas						
	Número de jaula y porcentaje de aves	p	Número de jaula y porcentaje de aves	p	Número de jaula y porcentaje de aves	p
Número de aves levantando la cabeza al salir del aturdimiento	Jaula 15 5/8=62,5%	0,03	...	....	...	...
Número de aves levantando la cabeza en el desangrado	Jaula 10 3/7=42,8%	0,02	Jaula 11 5/8=62%	<0,001	Jaula 19 3/7=42,8%	0,01
Número de aves batiendo las alas en el desangrado	Jaula 7 0/8	0,02	...	...	...	...
Hematomas en ala	Jaula 7 5/8=62,5%	0,01	Jaula 12 3/6=50%	0,04	...	...
Ala rota	Jaula 1 1/8=12,5%	0,02	Jaula 2 1/8=12,5%	0,02	Jaula 19 1/7=14,2%	0,01
Hematoma en pechuga	Jaula 13 2/8=25%	0,03	...	...	...	...
Pierna rota	Jaula 5 1/8=12,5%	<0,001	...	...	...	...
Rasguños	Jaula 7 1/8=12,5%	0,003	Jaula 11 1/8=12,5%	0,003	...	...

En los resultados mostrados por el análisis entre los tratamientos dependiendo de la localización de las jaulas, se puede observar que hubo diferencias significativas en todas las variables medidas durante la matanza, siendo el grupo control quien presentó la mayor cantidad de diferencias significativas entre las localizaciones de sus jaulas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Variables medidas en el análisis por tratamiento, dependiendo de la localización de las jaulas.							
Variable	Grupo control		Dosis baja		Dosis alta		Localización c/diferencia entre tratamientos
	%	p	%	p	%	p	
Número de aves levantando la cabeza al salir del aturdimiento	4/8=50%	0.34	2/8=25%	0.64	5/8=62,5%	0.002	5
Número de aves levantando la cabeza en el desangrado	3/7=42,8%	0.02	0/8	0.21	1/6=16,6%	0.54	7
Número de aves batiendo las alas al salir del aturdimiento	0/8	0.04	2/8=25%	0.64	2/8=25%	0.20	6

Número de aves batiendo las alas en el desangrado	0/8	0.01	2/8=25%	0.37	2/8=25%	0.58	3
Hematomas en ala	5/8=62,5%	0.001	0/8	0.21	1/8=12,5%	0.49	3
Ala rota	1/8=12,5%	0.15	1/8=12,5%	0.01	7/7=100%	...	1
Hematoma en pechuga	2/8=25%	0.04	1/8=12,5%	0.52	0/8	0.44	5
Pierna rota	8/8=100%	...	1/8=12,5%	0.01	8/8=100%	...	2
Rasguños	1/8=12,5%	0.01	0/8	0.68	8/8=100%	...	3

Asimismo, la relación Heterófilos/Linfocitos también mostró diferencias significativas al realizar la comparación entre localizaciones (0.17 ± 0.12 , $p=0.001$), siendo la localización 1, 3 y 5 las que presentaron dichas diferencias (Cuadro 14). De igual manera, en el análisis por tratamientos dependiendo de la localización de las jaulas, esta variable presentó diferencias significativas en el grupo de dosis baja ($p=0.008$), indicando diferencias entre la localización 2 y 6 (0.15 ± 0.09). Por último, en los resultados obtenidos al realizar el análisis entre las 21 jaulas, no se observaron diferencias significativas entre ninguna de las jaulas ($p=0.12$).

Localización	Media \pm DE	p
1	0.30 \pm 0.18	<0.001
3	0.23 \pm 0.16	<0.001
5	0.10 \pm 0.05	<0.001

e). - Calidad de la carne

Con respecto a los parámetros de calidad de carne, no se encontraron diferencias entre los tratamientos control y clavo para la pérdida por goteo, pH, pérdida por cocción y fuerza de corte.

En cuanto al color del músculo, el grupo de dosis baja presentó la carne más pálida (los valores de enrojecimiento a^* más bajos 9.97 ± 1.09 , $p=0.01$). Los valores más altos de luminosidad (L^*) los presentaron las aves del grupo de dosis alta ($p=0.017$), al igual que la capacidad de retención de agua (CRA) ($p=0.031$, Cuadro 15).

	Tratamientos (Mediana y rango)			p
	Grupo control	Dosis baja	Dosis alta	
Peso (Kg)	2.88 (2.64-3.02)	2.83 (2.65-3.06)	2.87 (2.66-3.06)	0.94
pH a los 15 min	6.70 (6.47-6.85)	6.53 (6.37-6.80)	6.56 (6.42-6.75)	0.08
pH a las 2 h	6.29 (6.10-6.36)	6.28 (6.17-6.10)	6.20 (6.10-6.39)	0.67
pH a las 24 h	5.95 (5.88-5.90)	6.00 (5.90-6.07)	5.95 (5.88-6.00)	0.18
Luminosidad (L^*)	53.79 ^a (52.6-55.3)	54.46 ^a (52.5-55.9)	55.2 ^b (53.6-56.6)	0.02
Amarillo (b^*)	29.78 (27.9-31.7)	29.66 (26.9-31.7)	30.53 (29.1-32.3)	0.06

Capacidad retención agua (%)	52.03 ^{ab} (39.7-61.5)	44.95 ^a (32.5-57.3)	54.65 ^b (40.7-65)	0.03
Pérdida por goteo 48 h (%)	1.56 (1.01-2.31)	1.43 (1.09-1.89)	1.75 (1.23-3.58)	0.26
Pérdida por cocción 48 h (%)	16.75 (9.0-29.0)	21.75 (15.0-29.7)	23.00 (10.0-30.5)	0.22
Fuerza de corte (kg/cm ²)	1.17 (0.93-1.47)	1.21 (1.08-1.37)	1.20 (1.04-1.46)	0.33

En el caso del análisis realizado entre localizaciones, los resultados indican diferencias significativas para todas las mediciones de pH ($p < 0.001$ en los tres casos, 15 min, 2 h y 24 h post mortem). Asimismo, se observa una diferencia significativa en la fuerza de corte (1.18, $p < 0.001$), donde las localizaciones 1, 6 y 7 fueron las que presentaron dichas diferencias.

Las variables color, pérdida por goteo a las 24 y 48 h y pérdida por cocción, no presentaron diferencias significativas en esta categoría (Cuadro 16).

	Loc. 1 (Media ± DE)	Loc. 2 (Media ± DE)	Loc. 3 (Media ± DE)	Loc. 4 (Media ± DE)	Loc. 5 (Media ± DE)	Loc. 6 (Media ± DE)	Loc. 7 (Media ± DE)	p
pH a los 15 min	6.52±0.20	6.48±0.19	6.61±0.17	6.75±0.18	6.71±0.20	6.66±0.17	6.38±0.40	0.00
pH a las 2 horas	6.16±0.15	6.15±0.13	6.22±0.16	6.27±0.10	6.24±0.23	6.29±0.22	6.50±0.31	0.00
pH a las 24 horas	5.97±0.07	5.92±0.90	5.92±0.09	5.93±0.11	5.97±0.12	5.91±0.10	6.19±0.24	0.00
Color (L*)	53.2±2.12	54.81±2.18	55.00±2.0	54.90±2.39	54.47±2.30	54.07±2.34	53.73±2.55	0.09
Color (a*)	10.64±1.66	10.05±1.43	10.68±1.40	10.31±1.17	10.20±1.39	10.02±0.91	10.67±0.96	0.36
Color (b*)	30.28±3.09	29.53±3.16	31.24±2.99	30.69±2.75	29.84±3.04	29.20±2.40	28.92±4.38	0.24
CRA	52.24±17.7	43.01±15.9	50.36±14.93	52.11± 19.8	48.37 ±17.6	50.73±15.7	54.6±15.3	0.39
Pérdida por goteo a 24 horas	1.23±0.65	1.76±1.08	1.40 ±1.03	5.39±6.51	1.28 ±0.46	1.35±0.53	2.45±0.89	0.83
Pérdida por goteo a 48 horas	2.20± 2.31	3.38±3.21	1.91±1.16	3.06±3.92	1.60± 0.36	0.95±0.60	1.94±0.85	0.31
Pérdida por cocción	22.47±15.12	23.3±17.0	23.7±13.5	29.1±14.7	63.45±12.9	21.07 ±17.6	18.7± 12.3	0.22
Fuerza de corte	1.08±0.30	1.16±0.22	1.17±0.28	1.17 ± 0.24	1.26± 0.31	7.5±0.30	1.43 ±0.30	0.00

Los resultados del análisis por tratamiento dependiendo de la localización de las jaulas, también mostraron diferencias significativas en las tres mediciones realizadas de pH, para el caso de la medición a los 15 min y 2 horas post mortem, los grupos de dosis baja y dosis alta fueron los que presentaron las diferencias significativas ($p < 0.001$ y $p = 0.005$ respectivamente, Cuadros 17 y 18). En la medición de pH a las 24 horas post mortem, el grupo de la dosis baja de clavo fue el único que presentó diferencias significativas entre sus localizaciones ($p < 0.001$, Cuadro 19). Asimismo, el grupo control presentó diferencias en la fuerza de corte ($p < 0.001$, Cuadro 20).

pH a los 15 min		Tratamiento (Media± DE)		
		Control	Dosis baja	Dosis alta
		L1	6.63±0.23	6.46± 0.20
L2	6.6±0.22	6.37±0.13	6.47±0.14	

	L3	6.60±0.15	6.64±0.23	6.58±0.12
	L4	6.64±0.17	6.80±0.18	6.82±0.13
	L5	6.70±0.22	6.72±0.24	6.72±0.15
	L6	6.72±0.15	6.63±0.11	6.63±0.23
	L7	6.74±0.16	6.12±0.36	6.29±0.38
	p	0.62	<0.001	0.005

Cuadro 18. Valores de pH a las 2 horas por tratamiento, dependiendo de la localización de las jaulas				
		Tratamiento (Media± DE)		
		Control	Dosis baja	Dosis alta
		L1	6.12± 0.15	6.24±0.13	6.09±0.14
L2	6.25±0.14	6.03±0.11	6.16±0.05	
L3	6.19±0.17	6.31±0.16	6.16±0.12	
L4	6.26±0.086	6.25±0.06	6.32±0.15	
L5	6.27±0.15	6.29±0.26	6.16±0.27	
L6	6.34±0.20	6.18±0.31	6.33±0.11	
L7	6.22±0.29	6.66±0.22	6.6±0.22	
	p	0.23	<0.001	0.001

Cuadro 19. Valores de pH a las 24 horas por tratamiento, dependiendo de la localización de las jaulas				
		Tratamiento (Media± DE)		
		Control	Dosis baja	Dosis alta
		L1	5.96± 0.06	6.01±0.04	5.94±0.079
L2	5.94±0.08	5.9±0.09	5.91±0.10	
L3	5.92±0.10	5.91±0.13	5.94±0.04	
L4	5.97±0.09	5.95±0.11	5.88±0.13	
L5	5.96±0.10	5.97±0.09	5.98±0.11	
L6	5.89±0.14	5.92±0.10	5.91±0.06	
L7	5.99±0.12	6.39±0.14	6.16±0.28	
	p	0.69	<0.001	0.35

Cuadro 20. Valores de fuerza de corte por tratamiento, dependiendo de la localización de las jaulas				
		Tratamiento (Media± DE)		
		Control	Dosis baja	Dosis alta
		L1	0.88±0.16	1.26±0.32	1.11±0.29
L2	1.12±0.19	1.22±0.23	1.14±0.25	
L3	1.11±0.29	1.31±0.36	1.09±0.09	
L4	1.18±0.30	1.07±0.12	1.30±0.27	
L5	1.20±0.27	1.15±0.17	1.44±0.39	

	L6	1.33±0.32	1.34±0.24	1.35±0.27
	L7	1.54±0.25	1.34±0.26	1.40±0.39
	p	0.004	0.09	0.13

En cuanto a las variables color (L^* , a^* y b^*), capacidad de retención de agua, pérdida por goteo a las 24 y 48 horas y pérdida por cocción, no presentaron ninguna diferencia significativa al realizar este análisis.

De la misma manera se presentaron diferencias significativas entre las tres mediciones de pH al realizar el comparativo entre jaulas. Respecto al pH a los 15 min, la diferencia se encontró entre las jaulas 5, 11, 12 y 20 (6.59 ± 0.25 , $p < 0.001$); la medición realizada a las 2 horas post mortem, presentó diferencias significativas en las jaulas 1, 3, 5, 6, 9, 20 y 21 (6.26 ± 0.22 , $p < 0.001$) y para el pH a las 24 horas post mortem, las diferencias se encontraron entre las jaulas 5,6,7,8,12,16,17,18 y 20 (5.97 ± 0.07 , $p = 0.006$). La fuerza de corte también presentó diferencias significativas entre jaulas, siendo las jaulas 1, 17 y 19 diferentes (1.18 , $p = 0.02$).

Las variables que no presentaron diferencias significativas fueron, color (L^* , a^* y b^*), capacidad de retención de agua, pérdida por goteo a las 24 y 48 horas y pérdida por cocción.

VIII. Discusión

Los resultados observados en la etapa de captura muestran que, aunque no hubo una significancia estadística, se puede observar una tendencia hacia un mayor tiempo de captura por parte del grupo de dosis alta de clavo (108 segundos con rango entre 103-120).

Con respecto a la etapa de transporte, los registros de temperatura ($29.6 \pm 2.2^\circ\text{C}$) indicaron que los valores presentados en cada una de las localizaciones estuvieron por encima de la temperatura de confort térmico de las aves, la cual se encuentra en un rango entre $18-21^\circ\text{C}$ (Estrada *et al.*, 2007; Naga Raja Kumarie *et al.*, 2018). El porcentaje de humedad relativa registrada al interior del vehículo durante el transporte ($41.48\% \pm 6.12$), muestra que no fue rebasado el rango ideal para esta variable (50-70%) de acuerdo con Aviagen (2009) y DEFRA (2000). Sin embargo, es importante considerar que a pesar de que el porcentaje de humedad relativa fue bajo, su interacción con los altos valores de temperatura pudo ocasionar estrés térmico a las aves durante el recorrido.

Por otro lado, las variaciones de temperatura y humedad mostradas en los resultados, apoyan los estudios realizados por Mitchell *et al.*, (1999); Kettlewell *et*

al., (2000) y Miranda-de la Lama (2013), donde indican que existe variabilidad de temperatura y humedad al interior del vehículo durante el transporte, la cual se deriva del apilado de jaulas por niveles que impiden una ventilación adecuada, provocando diferencias significativas en la parte superior, inferior, anterior y posterior del vehículo.

Durante el desembarque, aunque no se presentaron diferencias significativas entre los grupos experimentales, los altos porcentajes de aves jadeando a la llegada (grupo control 75%, grupo de dosis baja 98.1% y en el grupo de dosis alta de clavo 78.57%) pueden explicarse por las altas temperaturas registradas durante el transporte, debido a que el jadeo es un mecanismo del cual se valen las aves para perder calor corporal, que por lo general comienza a funcionar cuando la temperatura se eleva de 3.5 a 5°C por encima de su temperatura de confort (Aviagen, 2009). Estos registros se relacionan con la temporada del año en que se realizó este experimento, que fue durante el verano en el mes de junio. En un estudio realizado por Bayliss y Hinton (1990), encontraron que las curvas de temperatura anual mostraron un aumento asociado en la mortalidad de pollos de engorde con el incremento registrado en la temperatura ambiente durante los meses de junio y julio; en contraste, la mortalidad de pollos registrada durante el invierno disminuyó significativamente. Asimismo, Nidjam et al. (2004), llevaron a cabo un estudio en el cual señalan un incremento significativo en la mortalidad de aves que fueron transportadas durante la mañana y el medio día, en comparación con las aves transportadas durante la noche.

Estos datos muestran que no hubo influencia alguna del clavo en el bienestar de las aves durante el desembarque, así como en el transporte, ya que el jadeo intenso que se observó en el desembarque fue consecuencia de las condiciones del transporte.

En la etapa de matanza, los análisis realizados entre tratamientos no indicaron ninguna diferencia significativa; sin embargo, en los análisis por jaulas; por localizaciones y por tratamientos dependiendo de la localización de las jaulas, se mostraron diferentes resultados con significancia estadística. Al llevar a cabo una relación entre los resultados de todas las categorías de los análisis realizados, se puede identificar que el grupo experimental que presentó mayores proporciones o porcentajes en las variables evaluadas hematomas en ala, ala rota, hematoma en pechuga y rasguños, fue el grupo control; posteriormente, el grupo de dosis baja de clavo presentó el mayor porcentaje en el número de aves levantando la cabeza en el desangrado; por último en grupo de dosis alta tuvo el porcentaje más alto en el número de aves levantando la cabeza después del aturdimiento.

De acuerdo con la OIE (2019), una alta tasa de lesiones como hematomas, fracturas, rasguños, etc. puede indicar problemas de bienestar en las aves que se derivan por problemas durante la producción, la captura o por condiciones ambientales. Asimismo, además de las etapas antemortem que implican el manejo de las aves, el aturdimiento también cobra una relevancia significativa, ya que de no realizarse correctamente, se puede dar lugar a muchas de las lesiones presentadas; por lo tanto, al determinar que el grupo control presentó los porcentajes más altos en la mayoría de parámetros de bienestar animal evaluados, se puede observar una tendencia en la influencia del clavo en ambas dosis manejadas sobre el mejoramiento del bienestar animal de las aves durante la etapa de matanza.

Con respecto a los resultados observados en la relación Heterófilos/Linfocitos, se puede inferir que a pesar de que existieron diferencias significativas al realizar el análisis entre localizaciones (0.17 ± 0.12) y entre tratamientos dependiendo de la localización de las jaulas (0.15 ± 0.09), los valores de dicha relación se encuentran dentro del rango normal (< 0.45) que sirve como parámetro para evaluar el estado de estrés de las aves (Tejeda Perea *et al.*, 1997; SCAHAW, 2000).

Los principales resultados observados para el caso de los parámetros de calidad de la carne mostraron que, en el análisis realizado entre tratamientos, a pesar de que el grupo de dosis alta de clavo presentó los valores más altos de luminosidad (L^*), los tres grupos experimentales tuvieron valores que se atribuyen a una carne pálida tanto en luminosidad como en amarillo (b^*) de acuerdo con lo reportado por Qiao, *et al.*, (2001). Asimismo, los resultados de Capacidad de Retención de Agua (CRA) muestran que tanto el grupo control como el grupo de dosis alta de clavo tuvieron valores atribuibles a una carne pálida, en cuanto al grupo de dosis baja presentó valores normales de CRA. No obstante, en el caso de las mediciones de pH, pese a que se observaron diferencias significativas en la mayoría de las categorías de análisis realizados, los resultados muestran que el pH se mantuvo dentro de los valores para una carne clasificada como normal de acuerdo con Qiao, *et al.*, (2001).

El color de la carne y el pH son parámetros que se usan para determinar la calidad de la canal y para detectar la presencia de carnes pálidas suaves y exudativas (PSE), las cuales se producen por la exposición de las aves a factores de estrés antemortem como temperaturas elevadas, ruidos, tiempos de espera en andén muy elevados, etc. lo que ocasiona una glicólisis post mortem acelerada y con una bajada de pH muy rápida cuando la temperatura de la canal aún es alta, provocando la desnaturalización de las proteínas, lo cual afecta su capacidad de retener agua, de esta manera se modifica el color de la carne debido a que se torna más pálida y

por último, la textura se vuelve más suave (Ali *et al.*, 2008; Soler Sanchis *et al.*, 2011; Castañeda *et al.*, 2013).

En general, una carne más pálida de lo normal está asociada a un pH bajo, una humedad superficial elevada y baja capacidad de retención de agua (Qiao *et al.*, 2001); sin embargo, de acuerdo con James *et al.*, (2006) es importante señalar que el efecto de la aplicación de frío y su impacto en la reducción de pH y la aparición de carnes pálidas PSE, no es tan marcado en la carne de ave como en la carne de res; por lo tanto, aunque no se puede inferir que la carne del grupo control y de la dosis alta de clavo presente condiciones PSE, sí se observa que el grupo de la dosis baja de clavo fue el único que presentó valores normales en CRA y pH, los cuales pueden deberse a una influencia del clavo sobre el mejoramiento de la calidad de la carne.

IX. Conclusiones

Por los resultados encontrados se puede concluir que el clavo de olor en las dosis manejadas no ejerció influencia positiva en el bienestar de las aves durante las etapas de captura, transporte y desembarque; sin embargo, en la etapa de matanza sí se observó una tendencia que indica que las dosis baja y alta de clavo contribuyeron a mejorar el bienestar animal al disminuir el porcentaje de lesiones y defectos en la canal, lo cual puede cobrar una importancia al disminuir las pérdidas económicas que son ocasionadas cuando el precio de las canales se ve castigado por la presencia de lesiones y/o decomisos totales. En cuanto a la relación Heterófilos/Linfocitos, el clavo no mostró alguna influencia sobre los grupos tratados. Por último, en los parámetros de calidad de la carne, se observó que el clavo pudo haber ejercido influencia sobre el grupo de dosis baja al ser el único en que presentaron valores normales de CRA y pH. Por otra parte, debido a la limitada información existente en la literatura acerca de las dosis manejadas en pollos, se puede inferir que la respuesta a la administración del clavo de olor podría tener un mejor resultado al manejar una dosis mayor y/o al administrar durante un mayor tiempo el clavo de olor a las aves.

X. Referencias bibliográficas

1. Aguilar, A. y López, A. Extractos y aceite esencial del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y su potencial aplicación como agentes antimicrobianos en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería en Alimentos*. 2013; 7(2):35-41.
2. Ahmed, M., The Effect of Dietary Clove Oil on Broiler Performance. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2011; 5(7):49-5.
3. Ali, B.H. and A.A. Al-Qarawi. An evaluation of drugs used in the control of stressful stimuli in domestic animals: A review. *Acta Vet*. 2002; Brno. 71: 205-216.
4. Álvarez A., Pérez E. Fisiología del Estrés. Libro: Fisiología Animal Aplicada. 1ª ed. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 2009; Pág. 228-255.
5. Allain, V., Mirabito, L., Arnould, C., Colas, M., LeBouquin, S., Lupo, C., & Michel, V. Skin lesions in broiler chickens measured at the slaughter house: Relationships between lesions and between their prevalence and rearing factors. *British Poultry Science*. 2009; 50, 407–417
6. Arora D, Kaur J. Antimicrobial activity of spices. *Int J Antimicrob Agents*. 1999; 12:257-262.
7. Badger, D.A., Smith, R.L., Bao, J., Kuester, R.K., Sipes, I.G. Disposition and metabolism of isoeugenol in the male Fischer 344 rat. *Food and Chemical Toxicology* 2002; 40:1757-1765.
8. Bartov, I. Effect of feed withdrawal on yield, fat content and fatty acid composition of various tissues in broilers. *Proceedings of the 19th World's Poultry Congress, Amsterdam, 1992; Vol. 3. pp. 195-199*
9. Bayliss, P. A., and M. H. Hinton. Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *Appl. Anim. Behav*. 1990; *Sci*. 28:93–118
10. Bilgili, S. F., Research note: Effect of feed and water withdrawal on shear strength of broiler gastrointestinal tract, *Poult. Sci*. 1988; 67, 845,
11. Broom D. M. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*. 1986; 142: 524-526
12. Broom D.M. y Johnson K.G. *Stress and Animal Welfare*. Chapman & Hall, 1993.London.
13. Caballero, S.C.; H.S. Sumano. Caracterización del estrés en bovinos. *Arch. Med. Vet*. 1993;25: 15-30
14. Capdevila N., Segundo M.J. Estrés: Causas, tipos y estrategias nutricionales. *Ámbito Farmacéutico*. 2005; Vol. 24, núm. 8
15. Castañeda M.P, Braña D., Delgado E., Tejeda R., Vázquez A., Martínez W. *Embarque de Aves: Programas de Ayuno y Captura*. SAGARPA, 2013.
16. Cervantes, E. Aspectos Puntuales que Afectan a la calidad de las aves procesadas y el rendimiento del personal. XXV Congreso Centroamericano y del Caribe de Avicultura. Honduras 2018.Ergomix

17. Consejo Mexicano de la Carne. Compendio Estadístico 2022. Disponible en: Compendio estadístico 2022 – Consejo Mexicano de la Carne (comecarne.org)
18. Cooper, J., D. Phillippe, T.L. Fodey and C.T. Elliot. Development of a rapid screening test for veterinary sedatives and the beta-blocker carazolol in porcine kidney by ELISA. *Analyst*, 2004; 129: 169-174
19. Cotran RS; Kumar V; Collins T. Robbins pathologic basis of disease. 6th ed. Pennsylvania: Saunders; 2000.
20. Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A. B., Rouabhia, M., Mahdouani, K. and Bakhrouf, A. The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): a short review. *Phytother. Res.* 2007, 21, 501-506
21. Chauvin C, Hillion S, Balaine L, Michel V, Peraste J, et al. Factors associated with mortality of broilers during transport to slaughterhouse. *Animal*. 2011; 5: 287-293.
22. Chloupek, P; Voslarova, E.; Chloupek, J.; et al. Stress in Broiler Chickens Due to Acute Noise Exposure. *Acta Veterinaria Brno*. 2009; 78. 93-98.
23. Defra. Air change rate and house environment. Poultry litter management. 2000. Disponible en: <http://defra.gov.uk>
24. Del Río J.C. Fisiopatología del estrés. BM Editores. 2020. Disponible en: <https://bmeditores.mx/avicultura/fisiopatologia-del-estres/>
25. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). The Welfare of Poultry at Slaughter or Killing 2007. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/485659/pb13539-welfare-poultry-slaughter.pdf
26. DOF: Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Disponible en: <https://www.cuautitlan.unam.mx/descargas/cicuae/normas/Norma033.pdf>
27. Downing, J. A., Kerr, M. J., & Hopkins, D. L. The effects of pre-transport supplementation with electrolytes and betaine on performance, carcass yield and meat quality of broilers in summer and winter. *Livestock Science*, 2017; 205, 16–23.
28. Estrada M.; Márquez S.; Restrepo L. Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2007; 20(3),288-303.
29. Farm Animal Welfare Council (FAWC). Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare. 1993; Londres: DEFRA.
30. Farm Animal Welfare Council (FAWC). Updates the five freedoms Veterinary Record. 1992; 17: 357.

31. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario, Carne de pollo 2021. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial 2022.
32. Fletcher, D. L., Antemortem factors related to meat quality, Proceedings of the 10th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Beekbergen, The Netherlands, 1991, 11
33. Fletcher, D.L. Broiler Breast Meat Color Variation, pH, and Texture. Poultry Sci. 1999b; 78: 1323–1327.
34. Galindo F.A., Orihuela A. Etología Aplicada México DF: Ed. UNAM, 2004.
35. Garabadu, D., Shah, A., Ahmad, A., et al. Eugenol as an anti-stress agent: Modulation of hypothalamic –pituitary- adrenal axis and brain monoaminergic systems in a rat model stress. Informa Healthcare. 2010; 1-11.
36. Gonzalez, A.V., Rojas, G.C., Aguilera, A.E., et al. 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 2007; 6:397-402.
37. Grandin, T. Auditing animal welfare at slaughter plants. Meat Science, 2010; 86(1), 56–65.
38. Gregory, N. G. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. Meat Science. 2008; 80(1), 2–11.
39. Jin S, Cho K. Water extracts of cinnamon and clove exhibit potent inhibition of protein glycation and anti-atherosclerotic activity in vitro and in vivo hypolipidemic activity in zebrafish. Food Chem Toxicol. 2011; 49:11521-1529.
40. Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoilova, I., et al. Chemical Composition and Antioxidant Properties of Clove Leaf Essential Oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006; 54(17), 6303–6307
41. Kannan, G. and J. A. Mench. Influence of different handling methods and crating periods on plasma corticosterone levels in broilers. Br. Poult. Sci. 1996; 37:21-31
42. Keskin D, Toroglu S. Studies on antimicrobial activities of solvent extracts of different spices. J Environ Biol. 2011; 32:251 y 256.
43. Kettlewell, P., Hoxey R., Mitchell, M. Heat produced by broiler chickens in a commercial transport vehicle. Journal of Agricultural Engineering Research. 2000; 75, 315-326
44. Kettlewell, P., Mitchell, M. y Meehan, A. The distribution of thermal loads within poultry transport vehicles. Agricultural Engineer 1993; 48:26-30.
45. Knierim U, Gocke A. Effect of catching broilers by hand or machine on rates of injuries and dead-on-arrivals. Animal Welfare. 2003; 12, 63-73
46. Langkabel N., Baumann M.P., Feiler A., Sanguankiat A., Fries R. Influence of two catching methods on the occurrence of lesions in broilers. Poult. Sci. 2015; 94:1735–1741.

47. López, R.; de la Cruz, L.; Roldan, P.; et al. Métodos de captura y bienestar del pollo de engorda. *Los Avicultores y su Entorno*. 2015;105.
48. Ludtke, C. B., Ciocca, J.R., Dandin, T., et al. Sacrificio humanitario de aves. *World Animal Protection*, 2015.
49. Manteca Vilanova, X. *Etología veterinaria*. Primera edición. Multimédica ediciones veterinarias. 2009. Barcelona, España.
50. Manteca X., Salas M. Concepto de bienestar animal. Zoo Animal Welfare Education Centre. Ficha técnica sobre bienestar en animales de zoológico. 2015; Núm 1,
51. Manteca, X., Mainau, E., & Temple, D. Estrés en animales de granja: Concepto y efectos sobre la producción. *Farm Animal Welfare Education Centre*. 2013
52. Manteca, X., Mainiau, E., & Temple, D. ¿Qué es el bienestar animal? Barcelona: *Farm Animal Welfare Education Centre*. 2012
53. MANUAL ESTIRPE ROSS 308. Aviagen. Disponible en: <https://es.aviagen.com/brands/ross/products/ross-308>
54. Medina, M., Guerrero, I., Cruz, R.G., Mota, D., Corrales, A. y Mora, P. Bienestar del pollo de engorda: El Transporte. *BMeditores.MX*. 2016.
55. Minka, N.S. y Ayo, J.O. Physiological responses of food animals to road transportation stress. *African Journal of Biotechnology* 2010; 9:6601-6613.
56. Miranda-de la Lama, G. C. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México* 2013. 44(1), 31-56
57. Mitchell, M. y P. Kettwell. Road transportation of broiler chickens: induction of physiological stress. *World's Poultry Science Journal* 1998; 50:57- 59.
58. Mitchell, Malcolm & Kettlewell, P.J. Physiological Stress and Welfare of Broiler Chickens in Transit: Solutions Not Problems! *Poultry science*. 1999; 77. 1803-14. 10.1093/ps/77.12.1803.
59. Monleón R. Manejo pre-faena en pollos, Aviagen B. 2012; 1-8. Disponible en: 3911_aviagenbriefpreprocesshandling2012-es.pdf (wpsa-aeca.es)
60. Mota-Rojas, D., Orozco, H., González, M., et al. Therapeutic approaches in animals to reduce the impact of stress during transport to the slaughterhouse: A review. *International Journal of Pharmacology* 2011; 7:568-578.
61. Mukhopadhyay M. *Natural Extracts Using Supercritical Carbon Dioxide*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2000:189.
62. Myint S, Daud W, Mohammad A, Kadhum A. Gas chromatographic determination of eugenol in ethanol extract of cloves. *J Chromatogr B*. 1996; 679:193-195.
63. Naga Raja Kumari, K.; Narendra Nath, D. Ameliorative measures to counter heat stress in poultry. *World's Poult. Sci. J*. 2018, 74, 117–130

64. Nassar, M., Gaara, A. H., El-Ghorab, A. H., et al. Chemical constituents of clove (*Syzygium aromaticum*, Fam. Myrtaceae) and their antioxidant activity. *Revista Latinoamericana de Química*. 2007; 35 (3): 47-57
65. Nicol C.J., Scott G.B. Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1990; 28:57-73.
66. Nicol, C. J., & Scott, G. B. Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*.1990; 28(1-2), 57–73.
67. Nijdam E, Arens P, Lambooi E, et al. Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport and lairage. *Poult Sci*. 2004;83: 1610-1615. 4.
68. Nogareda S. *Fisiología del estrés*. Barcelona: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1994. NTP 355
69. Northcutt, J., & Buhr, R. *Preslaughter factors affecting poultry meat quality*. *Poultry Meat Processing, Second Edition*. 2010; 5–24.
70. Ogata M, Hoshi M, Urano S, Endo T. Antioxidant activity of eugenol and related monomeric and dimeric compounds. *Chem Pharm Bull*. 2000; 48: 1467–1469.
71. OIE. *World Organización Mundial de la Salud Animal. Estrategia Mundial de Bienestar Animal 2017*. Disponible en: <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/es-oie-aw-strategy.pdf>
72. OIE. *World Organization for Animal Health, Slaughter of Animals, Terrestrial Animal Health Code, 23rd Edition*. 2014; Paris: France
73. OIE. *World Organization for Animal Health. Terrestrial Animal Health Code. 2021; Paris: France*. Disponible en: https://www.woah.org/es/que-hacemos/normas/codigos-y-manuales/acceso-en-linea-al-codigo-terrestre/?id=169&L=1&htmfile=titre_1.7.htm
74. OIE. *World Organization of Animal Health 2008 Introduction to the recommendations for animal welfare, Article 7.1.1. Pages 235-236 in Terrestrial Animal Health Code 2008*. Paris, France.
75. *Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals, The EFSA Journal*. 2004; 45, 1-29
76. Pan, L., X. K. Ma, P. F. Zhao, Q. H. *Forsythia suspensa* extract attenuates breastmuscle oxidative injury induced by transport stress in broilers. *Poult. Sci*. 2018; 97:1554–1563.
77. Pandey, A. y Singh, P. Antibacterial activity of *Syzygium aromaticum* (clove) with metal ion effect against food borne pathogens. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2011; 1(2):69-80.

78. Perez C, Aniseni C.; Antibacterial activity of alimentary plants against *Staphylococcus aureus* growth. *Am J Chin Med.* 1994; 22:169 y 174.
79. Petracchi, M., Bianchi M., Cavani, C., Pre-slaughter handling and slaughtering factors influencing poultry product quality. Animal management pre- and during slaughter play an important role on carcass and meat quality. *World's Poultry Science Journal*, 2010; 66:17-26
80. Pramod, K., Ansari, S. H., & Ali, J. et al. Eugenol: A Natural Compound with Versatile Pharmacological Actions. *Natural Product Communications.* 2010.
81. Qiao, M.; Fletcher, D.; Smith, D.; Northcutt, J. The Effect of Broiler Breast Meat Color on pH, Moisture, Water-Holding Capacity, and Emulsification Capacity. *Poultry science.* 2001; 80. 676-80. 10.1093/ps/80.5.676.
82. Quintana J.A.; (2011) Avitecnia. Manejo de las aves domésticas más comunes. Trillas,
83. Rubio, M.E., Rubio, M.S., Ponce, E., Rosario, C., Nava, G.M. y Castañeda, M.P. Improving appearance and microbiologic quality of broiler carcasses with an allostatic modulator. *Poultry Science.* 2015; 00:1-7.
84. Saini A, Sharma S, Chibber S. Induction of resistance to respiratory tract infection with *Klebsiella pneumoniae* in mice fed on a diet supplemented with tulsi (*Ocimum sanctum*) and clove (*Syzygium aromaticum*) oils. *J Microbiol Immunol Infect.* 2009; 42:107-113.
85. SCAHAW (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare). 2000. The Welfare of Chickens Kept for Meat Production (Broilers). Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. SANCO.B3/AH/R15/2000
86. Schwartzkopf-Genswein, K.S., Faucitano, L., Dadgar, S., et al. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science* 2012; 92:227-243.
87. Selye H. The evolution of the stress concept. *Am Sci.* 1973 Nov-Dec;61(6):692-9. PMID: 4746051.
88. Sen P, Maiti PC, Puri S, Ray A, Audulov NA, Valdman AV. Mechanism of anti-stress activity of *Ocimum sanctum* Linn, eugenol and *Tinospora malabarica* in experimental animals. *Indian J Exp Biol.* 1992;30(7):592-596
89. Sgoifo, C.A., Compiani, R., Baldi, G. y Caprarotta, L. Essential oils examined for beef cattle rearing. *Feedstuffs.* 2012; 84(31).
90. Shawkat Md, Kang GH, Joo ST. A review: Influences of preslaughter stress on poultry meat quality. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2008; 21: 912-916. 8.
91. SIAP-SADER, SE/SNIIM e INEGI. Cosechando Números del Campo. 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/cosechando-numeros-del-campo/>

92. Singh, A. K., Dhamanigi, S.S. y Asad, M. Anti-stress activity of hydro-alcoholic extract of *Eugenia caryophyllus* buds (clove). *Indian Journal of Pharmacology*. 2009; 41(1):28-31.
93. Singh, J., Boghotia, A. y Goel, S.P. *Eugenia caryophyllata* Thunberg (Family Myrtaceae): A review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 2012; 3(4):1469-1475.
94. Singletary, K. Clove Overview of Potential Health Benefits. *Nutrition Today*. 2014; 49(4):207-224.
95. Soler Sanchis, M.; Mateos M.; Safón E.; Soler P.; Garcés C. Caracterización del color y relación con el pH de pechuga de pollo durante el procesado de las canales en matadero. XLVIII Simposio Científico de Avicultura. 2011.
96. Spotswood E.N, Meyer J.Y, Bartolome J.W. An invasive tree alters the structure of seed dispersal networks between birds and plants in French Polynesia. *Journal of Biogeography*. 2012; 39, 2007–2020
97. Srivastava, A., Srivastava, S.K. y Syamsundar, K.V. Bud and leaf essential oil composition of *Syzygium aromaticum* from India and Madagascar. *Flavour and Fragrance Journal*, 2005; 20:51-53.
98. Taguachi Y, Ishibashi H, Takizawa T, et al. Protection of oral or intestinal candidiasis in mice by oral or intragastric administration of herbal food, clove (*Syzygium aromaticum*). *Jpn J Med Mycol*. 2005; 46:27-33.
99. Tanko Y, Mohammed A, Okasha M, Umar A, Magaji R. Antinociceptive and anti-inflammatory activities of ethanol extract of *Syzygium aromaticum* flower bud in Wistar rats and mice. *Afr J Trad CAM*. 2008; 5:209-212.
100. Tejada Perea, A.; Téllez Isaías, G. y Galindo Maldonado, F. Técnicas de medición de estrés en aves. *Veterinaria México* 1997. 28:4, 345 - 351.
101. The Humane Slaughter Association. Technical Note 15. Volume 2018. The Humane Slaughter Association; St Albans, UK: 2011. Poultry catching and handling.
102. Uju D, Obioma N. Anticarcinogenic potentials of clove, tobacco and bitter kola. *Asian Pac J Trop Med*.2011; 4:814-818.
103. Valdés, Manuel & Flores, Tomás. *Psicobiología del Estrés: Conceptos y Estrategias de Investigación* / M. Valdés, T. de Flores. 2013
104. Vecerek K, Grbalova S, Voslarova E, Janackova B and Malena M. Effects of travel distance and the season of the year on death rates of broilers transported to poultry processing plants. *Poultry Science*. 2006; 85, 1881–1884.
105. Vieira, F.M. C., Silva, I.JO., Barbosa Filho, J.A., Vieira, A.M.C y Broom, D.M. Preslaughter mortality of broilers in relation to lairage and season in a subtropical climate. *Poultry Science*. 2011; 90:2127-2133.

106. Wang, P., Y. Zhao, N. Jiang, et al. Effects of water-misting spray combined with forced ventilation on heat induced meat gelation in broiler after summer transport. *Poult. Sci.* 2016; 95:2441–2448.
107. Watts J.M, Graff L.J., Strawford M.L., Crowe T.G, Burlinghette N.A. Heat and moisture production by broilers during simulated cold weather transport. *Poult Sci.* 2011; 90 :1890–1899
108. Welfare Quality. Assessment protocol for poultry. ASG Veehouderij BV, Países Bajos. 2009. Disponible en: <https://edepot.wur.nl/233471>
109. Yan, L. y Kim, I. H. Effect of Eugenol and Cinnamaldehyde on the Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Characteristics, Fecal Microbial Shedding and Fecal Noxious Gas Content in Growing Pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Science.* 2012; 25(8):1178-1183.
110. Zapata, L.F. Stress. Evolución, fisiología y enfermedad. *Psicología desde el Caribe*, 2003; núm. 11, pp. 24-44. Universidad del Norte
111. Zhang, C., L. Wang, X. H. Zhao, X. Y. et al. Dietary resveratrol supplementation prevents transport-stress-impaired meat quality of broilers through maintaining muscle energy metabolism and antioxidant status. *Poult.Sci.* 2017; 96:2219–2225
112. Zhang, L., J. L. Li, T. Gao, et al. Effects of dietary supplementation with creatine monohydrate during the finishing period on growth performance, carcass traits, meat quality and muscle glycolytic potential of broilers subjected to transport stress. *Animal* 2014; 8:1955–1962

XI. Bibliografía

1. Estevez, I. Density allowances for broilers: Where to set the limits? *Poultry science* 2007; 86:1265-1272.
2. Mench, J.A. The welfare of poultry in modern production systems. *Poultry science Reviews.* 1992; 4:107-128.
3. Selye H. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. *J Clin Endocrinol Metab.* 1949; 6:117–230
4. Velarde A., Temple D. y Dalmau A. Proyecto Europeo Welfare Quality. Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA), Subprograma de Bienestar Animal.
5. Warriss, P. D., Wilkins, L. J., and Knowles, T. G., The influence of antemortem handling on poultry meat quality, in *Poultry Science Symposium Series, Volume 25*, Richardson, R. I. and Mead, G. S., Eds., CABI Publishing, Wallingford, Oxon, U.K., 1999.