



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

Área temática: Producción y Salud Animal

**CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL
PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) Y SUS
CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO**

TESIS QUE PRESENTA

IVAN DELGADO HURTADO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MORELIA, MICHOACÁN. MARZO DEL 2017



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

Área temática: Producción y Salud Animal

**CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL
PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) Y SUS
CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO**

TESIS QUE PRESENTA

IVAN DELGADO HURTADO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

COMITÉ TUTORAL

Director de tesis:

DR. AURELIANO JUÁREZ CARATACHEA (UMSNH)

Codirector de tesis:

MC. RUY ORTIZ RODRÍGUEZ

Asesores:

DRA. ERNESTINA GUTIÉRREZ VÁZQUEZ

DR. GUILLERMO SALAS RAZO

DR. DANIEL VAL ARREOLA

MORELIA, MICHOACÁN. MARZO DE 2017

DEDICATORIA

A mi hijo Edrick Ivan Delgado Ramos, que es mi motivación más grande que tengo para enfrentar y vencer los problemas que se me presentan y que es, lo más importante en mi vida.

A mis padres Salomón Delgado Pérez por los esfuerzos realizados para que yo siguiera estudiando, por enseñarme que para salir adelante se tiene que trabajar muy duro día a día y Auxilio Hurtado Delgado, mi madre, que siempre ha buscado lo mejor para sus hijos, mujer inteligente que siempre me ha dado los mejores consejos y que gracias a ella soy quien soy.

AGRADECIMIENTOS

A **Diana Ramos Fierros**, por todo su apoyo y esfuerzo brindado, sin ello, no se hubiesen podido cumplir en muchas actividades encomendadas.

Dr. **Aureliano Juárez Caratachea** por creer en mí y darme la oportunidad de seguir estudiando, por sus consejos y apoyo brindado. Además del apoyo económico para que este proyecto saliera adelante.

MC. **Ruy Ortiz Rodríguez** por sus enseñanzas y consejos, por su tiempo brindado y siempre estarme invitando a acercarme al grupo de amigos que ha formado, con el motivo de que aprendiera más. Uno de los profesores con más conocimiento que he conocido y que siempre trata de transmitir sus conocimientos a sus alumnos, además de brindarme su apoyo sin esperar nada a cambio.

Dra. **Ernestina Gutiérrez Vásquez**, por sus asesorías y paciencia que me tuvo durante la maestría.

Dr. **Daniel Val Arreola**, por sus asesorías, observaciones y cuestionamientos, esfuerzos canalizados para la obtención de un buen trabajo.

Dr. **Guillermo Salas Razo** por los cuestionamientos al trabajo así como a mi persona, cuestionamientos que harán de mí una persona de bien.

A mis hermanos: **German, Salomón, Julio, Esmeralda, Erik, Erandeny, Omar, Rafael y Daniel** que siempre me alentaron a salir adelante y nunca dejar de luchar.

Al **Conacyt** por el apoyo económico que hizo posible que realizara estudios de maestría.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación de la meleagricultura en México.....	1
1.2. Características productivas del guajolote autóctono.....	5
1.3. Coloración del plumaje del guajolote.....	7
1.4. Relación de la coloración del plumaje de aves domésticas con sus características productivas.....	9
2. HIPÓTESIS.....	12
3. OBJETIVO GENERAL.....	13
4. OBJETIVOS PARTICULARES.....	13
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
5.1. Ubicación.....	14
5.2. Obtención de los animales.....	14
5.3. Registro de producción de huevo.....	15
5.4. Incubación.....	15
5.5. Proceso de crianza.....	16
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	18

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
7.1. Características productivas de guajolotes hembras con diferente coloración del plumaje en confinamiento total.....	19
7.1.1. Producción de huevo (PdH).....	19
7.1.2. Peso del huevo (PH).....	21
7.1.3. Peso vivo (PV).....	23.
7.1.4. Ganancia de peso (GP).....	26
7.1.5. Consumo de alimento (CA).....	27
7.1.6. Conversión alimenticia (CVA).....	28
7.2. Características productivas de guajolotes machos con diferente coloración del plumaje en confinamiento total.....	29
7.2.1. Peso vivo (PV).....	30
7.2.2. Ganancia de peso (GP).....	37
7.2.3. Consumo de alimento (CA).....	39
7.2.4. Conversión alimenticia (CVA).....	41
8. CONCLUSIONES.....	45
9. LITERATURA CITADA	46
10. ANEXOS.....	55
Anexo 1. Guajolote autóctono macho con diferente coloración del plumaje (A= rojo, B= negro, C= gris, D= blanco).....	55

Anexo 2. Guajolote autóctono hembra con diferente coloración del plumaje (A= blanco, B= gris, C= rojo, D= negro).....	56
--	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características nutricionales del alimento suministrado a los guajolotes autóctonos, según especificaciones de la etiqueta.....	15
Cuadro 2. Características nutricionales del alimento suministrado a los guajolotes autóctonos, según especificaciones de la etiqueta.....	17
Cuadro 3. Producción de huevos/color de plumaje de guajolotas autóctonas en confinamiento.....	20
Cuadro 4. Producción de huevo/mes de guajolotas autóctonas en confinamiento.....	20
Cuadro 5. Peso del huevo/color del plumaje de guajolotas autóctonas en confinamiento.....	22
Cuadro 6. Correlaciones entre el color del plumaje y la producción y peso del huevo del guajolote autóctono hembra.....	23
Cuadro 7. Características productivas de guajolotes autóctonos hembras de diferentes coloraciones del plumaje.....	25
Cuadro 8. Correlaciones entre el color del plumaje y las características productivas del guajolote autóctono hembra.....	29

Cuadro 9. Características productivas de guajolotes autóctonos machos de diferentes coloraciones del plumaje.....	37
Cuadro 10. Correlaciones entre el color del plumaje y las características productivas del guajolote autóctono macho.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de huevo mensual de guajolotas autóctonas con diferente color del plumaje en confinamiento.....	21
Figura 2. Peso vivo del guajolote hembra de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana.....	24
Figura 3. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana.....	31
Figura 4. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana durante la etapa de 1 a 10 semanas de vida.....	32
Figura 5. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana durante la etapa de 11 a 20 semanas de vida.....	34
Figura 6. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana durante la etapa de 21 a 30 semanas de vida.....	35

RESUMEN

Se evaluó el efecto del color del plumaje (CP) sobre las características de producción del guajolote autóctono (GA). Para la producción de huevo se utilizaron 36 hembras y 12 machos durante cinco meses y para la evaluación del crecimiento 43 machos y 31 hembras durante 30 semanas. Los GA recibieron alimento comercial y agua *ad libitum* durante el periodo experimental. Se encontró efecto del CP ($P < 0.0001$) sobre la producción de huevo (PdH), peso del huevo (PH), peso vivo (PV), consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CVA). Con respecto a la PdH, los fenotipos gris y blanco mostraron mayor producción mes^{-1} (7.7 ± 1.8 y 7.6 ± 1.7 huevos GA^{-1}), respectivamente, en comparación con el resto de los fenotipos evaluados ($P < 0.05$). En cuanto al PH, el fenotipo gris fue quien produjo huevos de mayor peso ($83.4 \pm 4.9\text{g}$) ($P < 0.05$), seguido del fenotipo rojo ($78.5 \pm 5.4\text{g}$) y negro ($77.5 \pm 8.2\text{g}$). En lo referente al crecimiento de acuerdo al plumaje, el peso a las 30 semanas de edad fue mayor en los guajolotes con plumaje gris y negro, cuyos pesos fueron: 5742 ± 463 y $5838 \pm 391\text{g}$ respectivamente, con un consumo de alimento promedio en la semana 30 de 1544 ± 495 y $1722 \pm 356\text{g}$ para gris y negro respectivamente, lo cual se reflejó en la conversión alimenticia, misma que fue 9 ± 3 y 8 ± 2 para los colores gris y negro respectivamente. En el caso de las hembras, los colores de plumaje gris y negro, también mostraron pesos y conversiones alimenticias superiores al resto de los colores evaluados. Sin embargo dichas variables fueron menores ($p < 0.05$) a las de los machos. De acuerdo con estos resultados los GA hembras con plumaje gris poseen características para mayor productividad, tanto en número de huevos mes^{-1} , como en el peso de los mismos. En relación a velocidad de crecimiento, los GA machos con plumaje gris y negro poseen características que les permiten un mayor peso con menor consumo de alimento a las 30 semanas de edad.

Palabras clave: guajolote nativo, fenotipo, producción, velocidad de crecimiento.

SUMMARY

The effect of plumage color (CP) was evaluated on the production characteristics of autochthonous guajolote (GA). For egg production, 36 females and 12 males were used for five months and for the evaluation of the growth 43 males and 31 females for 30 weeks. GA received commercial feed and water *ad libitum* during the experimental period. The effect of CP ($P < 0.0001$) on egg production (PdH), egg weight (PH), live weight (PV), feed intake (CA), weight gain (GP) and feed conversion). With respect to PdH, gray and white phenotypes showed higher mes-1 production (7.7 ± 1.8 and 7.6 ± 1.7 GA⁻¹ eggs), respectively, compared to the other phenotypes evaluated ($P < 0.05$). As for PH, the gray phenotype was the one that produced eggs of greater weight (83.4 ± 4.9 g) ($P < 0.05$), followed by the red phenotype (78.5 ± 5.4 g) and black (77.5 ± 8.2 g). Regarding the growth according to the plumage, the weight at 30 weeks of age was higher in the turkeys with gray and black plumage, whose weights were: 5742 ± 463 and 5838 ± 391 g respectively, with an average food consumption in the Week 30 of 1544 ± 495 and 1722 ± 356 g for gray and black respectively, which was reflected in the feed conversion, which was 9 ± 3 and 8 ± 2 for the gray and black colors respectively. In the case of the females, the colors of gray and black plumage also showed weights and nutritional conversions superior to the rest of the evaluated colors. However, these variables were lower ($p < 0.05$) than those of males. According to these results, GA females with gray plumage have characteristics for higher productivity, both in number of eggs and in their weight. In relation to growth rate, male GAs with gray and black plumage have characteristics that allow them to carry greater weight with less food consumption at 30 weeks of age.

Key words: native turkey, phenotype, production, speed of growth.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación de la meleagricultura en México

En México la producción de carne de guajolote autóctono, es una de las actividades ganaderas con mayor tradición, el aprovechamiento de estas aves se realizaba desde la época prehispánica (Villamar y Guzmán, 2007). Valadez (2003) indica que el valor material del guajolote en esa época, se basó en tres aspectos; utilizar la carne y los huevos como alimento; los huesos, que eran altamente apreciados para la elaboración de herramientas; y las plumas que se empleaban en la manufactura de adornos y vestimentas. Schorger (1993) estima que la domesticación del guajolote se realizó en México, entre los años 200 y 700 A C; sin embargo, en el Valle de Tehuacán en el estado de Puebla se encontraron los restos más antiguos de *M. gallopavo* en el contexto urbano. Dichos huesos se han fechado en el año 180 A. C. (Flannery, 1967).

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2005), la domesticación del guajolote pudo haberse realizado cerca del actual estado de Oaxaca. Por otra parte, Becerril (2000) indica que su presencia data desde el año 1517 en reportes hechos por los conquistadores en lo que hoy constituye Yucatán, Campeche, Veracruz y Valle de México. Sin embargo, se cree que pudo domesticarse en tierras altas del centro-occidente de México por los Aztecas, Mayas y Purépechas.

La Unión Nacional de Avicultores determinó que el guajolote es la segunda especie avícola de importancia, con una producción de 13,840 toneladas anuales y una tasa media anual de crecimiento de 1994 a 2007 de 2.7%; con un consumo anual per cápita

aparente de 1.86 kg. Sin embargo, el INEGI (2016) señala resultados diferentes: la producción nacional de carne en canal de guajolote ha disminuido desde el año 2011 hasta el año 2015, con una cifra para el 2011 de 21,109 toneladas a 18,969 toneladas en el 2015, lo que representa un descenso de 10.1% en cinco años.

Por su parte, Financiera Rural (2012) registró una reducción del 18.0% en la población de guajolotes a nivel nacional: de 5.0 millones de aves en el 2001 se redujo a 4.1 millones en el 2011. Decremento que posiblemente se debió a: i) la escasa información sobre el guajolote autóctono, no ha permitido otorgarle el verdadero valor agregado a esta especie y ii) la introducción de nuevas tecnologías a los sistemas avícolas de traspatio, entre las que destaca, la incorporación de líneas genéticas de guajolotes mejorados (Villamar y Guzmán, 2007) con la finalidad de incrementar la productividad del sistema.

Ante esto, SAGARPA en el 2010 señala que la producción de guajolote en México, tanto comercial como de traspatio, se estimó en más de 21 mil 839 toneladas, mil toneladas más que en el año 2009. Mismas que se produjeron en 19 entidades de la República Mexicana, principalmente en los estados de Yucatán, con cuatro mil 900 toneladas, y Chihuahua, con tres mil 215 toneladas. Ambos estados aportaron cerca del 47% de la producción nacional. El 43% se produjo en el Estado de México, con mil 941 toneladas; Puebla, mil 822; Tabasco, mil 155; Guerrero, 915; Veracruz, 858 e Hidalgo, 737 toneladas y, el 10% restante se produjo entre Chiapas, Campeche, Oaxaca y Tlaxcala.

No obstante, en los últimos años en el estado de Michoacán, *López et al.* (2008) encontraron que del total de la producción, 5.6% se produce en sistemas tecnificados o semitecnificados, los cuales, se ubican en las regiones Bajío y Eje Neovolcánico y 94.3% se caracterizaron por ser sistemas de traspatio. Michoacán en los últimos años ha ocupado entre el décimo tercero y décimo quinto lugar en el país en población de guajolote; en el año 2006 se sacrificaron alrededor de 22,400 cabezas con una producción de 132 toneladas de carne (SAGARPA, 2006).

Villamar y Guzmán (2007) indican que la producción del guajolote autóctono se ha llevado a cabo mediante los sistemas de producción tecnificado, semitecnificado y de traspatio. El primero aporta 50% de la producción nacional y se practica en los estados de Sonora, Chihuahua y Yucatán. El sistema semitecnificado es el de menor producción, se estima que produce 10% del volumen nacional, se practica básicamente, en las regiones Centro, Bajío y Sureste del país; los animales que se pueden encontrar en ambos sistemas son líneas comerciales originarias de Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Chile.

El sistema de traspatio se ubica en la mayoría de las zonas rurales del país. En este tipo de sistemas se crían parvadas de entre 50 y 100 animales, la mayor parte de la producción se destinan para la elaboración de platos típicos mexicanos en festividades familiares y una proporción mínima al abasto de fin de año; su nivel de tecnificación es nulo; las razas utilizadas son nativas dadas sus características de rusticidad y resistencia; la producción nacional de éste sistema representa 40% del inventario nacional (Villamar y Guzmán, 2007).

Actualmente, la crianza del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) en traspatio es una actividad típica de los poblados pequeños y medianos en México, y constituye una fuente de proteína y, ocasionalmente, genera ingresos económicos (Mallia, 1998 y Medrano, 2000). López *et al.* (2008) en un trabajo a base de encuestas, encontraron que 27% de los productores crían a los guajolotes por tradición familiar, 36% realiza la actividad considerándola como un medio de subsistencia, 32% lo realiza para autoconsumo y 6% por motivos religiosos; también refieren que el 77% de las unidades de producción son atendidas por la madre de familia, 13% por el padre y 10% por los hijos. En este sentido la crianza del guajolote es una actividad que se transmite de generación en generación (Aquino *et al.* 2003). Adekunle *et al.* (2002) señalan que dos terceras partes de los actuales productores de traspatio, aprendieron a criar guajolotes de sus padres o abuelos.

Dentro de las fortalezas del sistema de traspatio y que le han permitido subsistir son: selección natural, poca o nula inversión de capital en técnicas y tecnologías; así mismo, nula inversión en alimentos balanceados. Por lo que, las pequeñas cantidades de grano y desperdicios de cocina se trasforman en huevo y carne, donde el tiempo y esfuerzo físico en demasía, no es necesario. Para Ortiz *et al.* (2015) los sistemas de producción familiar o de traspatio se caracterizan por tener una asociación simbiótica entre los componentes de este sistema (principalmente animal y hombre), donde el guajolote obtiene refugio y/o alimentación mientras que el hombre se beneficia con su carne, sin embargo, la producción de guajolotes, bajo el sistema familiar, es muy dinámico pues está muy afectado por el ambiente.

La alimentación en este tipo de sistemas se basa principalmente en desperdicios de alimentos, residuos de cosechas, complementados con el pastoreo (Gutiérrez *et al.*, 2007). López *et al.* (2008) establecieron que el principal insumo de la dieta de los guajolotes de traspatio es maíz entero, quebrado, nixtamalizado y procesado (tortilla de maíz). También, se ha observado que los productores ofrecen a los guajolotes, otro tipo de granos, como trigo y avena, así como, forrajes (cebada) o frutas de la región. Productos estos, que en el 90% de los casos los recogen del suelo. En el caso del agua de bebida, ésta la obtienen de charcos o de bebederos de otros animales domésticos confinados en el mismo predio (Lara *et al.*, 2003).

De acuerdo con los párrafos anteriores, en donde se describen las características de producción del guajolote bajo condiciones del sistemas familiar, se puede establecer que, aun se requiere investigar las características productivas de esta especie, para poder establecer las estrategias que permitan, no solo el crecimiento de este sector, si no también, se incremente la productividad del sistema, con ello se mejoren las condiciones económicas dedicadas a esta actividad.

1.2. Características productivas del guajolote autóctono

La clasificación de guajolote doméstico, incluye a las razas antiguas de pavos que aún persisten en los Estados Unidos de América, los cuales han sido seleccionados por fenotipo y no por aptitud productiva, algunas de estas razas o variedades tienen mucha similitud fenotípica con los guajolotes mexicanos (López *et al.*, 2008a y Camacho *et al.*, 2009,), incluso sus características productivas son similares entre ambos a pesar de su diferente base genética.

En cuanto a la producción de huevo del guajolote autóctono, esta es de 16.7 ± 3.6 huevos/hembra/mes, el huevo tiene en promedio 79.3 ± 4.8 g de peso; las dimensiones promedio son 6.4 cm de largo y 4.7 cm en su parte más ancha; al eclosionar los pavipollos tienen un peso promedio de 56.9 g (Juárez y Gutiérrez, 2009). Las guajolotas pueden alcanzar la madurez sexual desde los seis meses de edad, sin embargo el promedio es a los 9.4 ± 3.2 meses, a esa edad pueden comenzar a poner huevos, después de poner en promedio 13 ± 4 huevos, las hembras comienzan manifestar los signos de enclucamiento para empollarlos (Camacho *et al.*, 2008).

El tamaño de esta ave varía dependiendo de la edad y el sexo; los machos adultos miden entre 85.71 y 95.95 cm de largo y 93.14 a 113.75 cm de envergadura, mientras que las hembras miden de 71.67 a 82.78 cm de longitud y de 86.50 a 103.90 cm de envergadura (López *et al.*, 2008a). El guajolote macho adulto pesa entre 5 y 8 kg y las guajolotas de 3 a 4 kg (NRC, 1991). Los machos a los seis meses de edad alcanzan a pesar 4.5 kg; a los 8 meses y medio 6.5 kg (Calderón *et al.*, 2002).

En relación a lo anterior Camacho *et al.* (2008) señalan que en la costa de Oaxaca, México, el peso de venta de los guajolotes machos adultos es de 9.4 kg con edad promedio de 1.2 años y las guajolotas de 7.2 kg con 1.2 años promedio de edad (± 0.5 años). Por su parte López *et al.* (2008) indica que en diferentes regiones fisiográficas del estado de Michoacán, los machos tienen un rango de peso entre 6.9 a 9.1 kg y las hembras 2.9 a 4.8kg. Otras características que han sido estudiadas en el guajolote autóctono son fenotípicas, entre las que destaca el color del plumaje.

1.3. Coloración del plumaje del guajolote

El pavo tradicional de Estados Unidos de América tiene muchas variedades de colores, incluyendo blanco y bronceado. Se han descrito 23 fenotipos de color, incluso existen muchas variedades que han sido el resultado de cruces con pavos silvestres. La asociación Americana de avicultura, considera a los pavos como una raza y reconoce ocho variedades: el pequeño blanco de Beltsville, negro (negro de España y Negro de Norfolk), rojo Borbón, Bronce, Narragancet, Royal Palm, Pizarra (Slate) y blanco de Holanda (Hawes, 2007).

Otras variedades que se han descrito son: bronce alas negras, gris, Beige Jersey, Nebraskan y Nittany. Sin embargo, algunas asociaciones propone la separación de las muchas variedades en dos grupos, uno para exhibición y otro para producción comercial, en apoyo a esta propuesta están quienes consideran que las variedades de color diferentes al bronceado y al blanco, son poco productivas, esto debido a la selección que se le ha dado a estas dos variedades para la producción de carne (Von Hessel, 1970).

Para la National Research Council (1991) el color del guajolote mexicano varía de blanco, salpicado o moteado hasta el negro. En relación a esto Camacho *et al.* (2009), señalan 11 fenotipos, que son: Bronceado, Negro, Royal Palm, Castaño, Rojo Borbón, Narragancet, Manchado, Café, Pizarra, Blanco y Albinismo imperfecto. Sin embargo, otras fuentes han descrito cinco colores básicos de pluma en guajolote mexicano: negro, café, gris, blanco y rojo (Camacho *et al.*, 2008a y López *et al.*, 2008a); en total trece posibles combinaciones entre ellos, de las cuales ocho combinaciones de dos

colores y cinco combinaciones de tres colores de pluma que es posible encontrar en un solo individuo (Camacho *et al.*, 2008a).

En cuanto a la genética del color de la pluma, es necesario entender cómo se alcanzan los diferentes colores de las aves de corral. En las aves, hay patrones de colores primarios y secundarios. Un patrón secundario es un patrón de color que aparece en las plumas individuales, por ejemplo, el cordón simple y doble o el patrón moteado. Patrones primarios son los patrones de color que involucran todo el cuerpo. Varios genes interactúan entre sí para determinar los colores de plumas y patrones. Hay tres colores básicos de plumas negro, blanco, y rojo. (Técnicamente, blanco y negro no son colores: el blanco es en realidad el resultado de todos los colores combinados, y el negro es la ausencia de reflexión de la luz en el rango visible.) Los colores de las plumas se logran mediante la dilución y mejorar o enmascarar los colores (Jacob, 2015).

En el área de la genética, se ha demostrado que la coloración del plumaje de los guajolotes está determinada por genes autosómicos: *B*, *b1*, *p*, *r*, *c*, *cg*, *D*, *sp* y *sl*; y genes ligados al sexo: *n*, y *e*. EL color del plumaje original del guajolote es el denominado bronce, el cual está codificado por los genes: *bb CC dd EE NN PnPn RR SISI SpSp*. Si se modifica el genotipo el color resultante dependerá del gen que cambie, ejemplo: si en lugar de *RR* se encuentra su forma recesiva *rr* el color del plumaje será rojo; si cambia *dd* por su forma dominante *DD* el color del plumaje que resulta es el gris o pizarra, al cambiar *bb* por su forma dominante *BB* el plumaje será negro y si cambia *CC* por su forma recesiva *cc* el color del plumaje será blanco (Somes, 1988).

Los genes que codifican la coloración del plumaje del guajolote ya han sido descritos, sin embargo, existen pocas evidencias de la relación entre el color del plumaje y las características productivas de estos animales. Por lo cual, esas evidencias resultan insuficientes para caracterizar las diferencias productivas entre coloraciones del plumaje.

1.4. Relación de la coloración del plumaje de aves domésticas con sus características productivas

Un punto importante en la determinación de las características productivas de los guajolotes autóctonos, es la evaluación de la relación de características productivas con las características fenotípicas (color del plumaje). En lo referente a la curva de crecimiento de los guajolotes, existen evidencias (Canul *et al.*, 2011) que establecen que, la coloración del plumaje de esta especie puede ser indicativo de variabilidad en las características productivas (ganancia de peso, peso al rompimiento de la postura, peso y edad al sacrificio), lo cual es de importancia en la meleagricultura nacional; debido a la diversidad de colores y sus combinaciones que presentan los guajolotes, así como, la preferencia sobre ellos desde las culturas precolombinas (Estrada, 2014).

La genética del plumaje es de interés tanto desde el punto de vista biológico, para los estudios comparativos entre las especies aviares, y desde un punto de vista zootécnico, para la identificación de líneas de selección comerciales o cruces (Minvielle *et al.*, 2005). Estudios (Armijos, 2011) en gallinas encontraron que aquellas de coloración negra alcanzaron mayor peso corporal y del huevo, con respecto a gallinas de coloración blanca, gris y roja.

Con respecto a la conversión alimenticia y ganancia de peso, estudios realizados en pollos camperos en un sistema semiintensivo encontraron, al evaluar un periodo que comprendió desde 0 a 91 días de edad, que aquellos pollos con fenotipo rojo superaron a pollos con fenotipo negro. Concluyendo que pollos camperos con fenotipo rojo tienen mejor rendimiento productivo y zootécnico en relación al fenotipo negro en condiciones agrometeorológicas de la región de la Amazonia ecuatoriana (Andrade *et al.*, 2016).

Hakan *et al.* (2015) observaron en codornices que el color del plumaje tuvo efecto sobre el peso vivo, consumo de alimento, la conversión alimenticia, características de la canal, peso del huevo, gravedad específica, índice de forma, peso del cascarón, el peso de la albúmina, peso de la yema, índice de albúmina, y el índice de la yema. Para estos autores las codornices japonesas de diferentes colores de plumas se pueden criar en función de la característica que se desea mejorar, por ejemplo, debido a que codornices con plumaje blanco presentan conversión de alimenticia inferior, pueden ser preferidos para los propósitos de producción de carne. Ante esto las variaciones de color del plumaje se deben considerar al seleccionar aves.

En cuanto a peso corporal, observaciones en pollos nativos de Bangladesh de diferentes colores del plumaje, determinaron efecto del color del plumaje sobre el peso corporal, informaron que aquellos con plumaje color mixto, rojo con negro, negro con blanco y blancos con negro fueron más pesados que pollos con plumaje negro, rojo, rojo con blanco y blanco con rojo (Sarker *et al.*, 2014). Con respecto al guajolote autóctono se ha establecido que algunos de los genes del color del plumaje tienen efectos sobre características productivas, como es el caso del gen *c* que reduce el

peso corporal en los guajolotes (Nestor y Renner, 1979). Por otra parte, Estrada (2014) demostró efecto de la coloración de la piel del tarso de los guajolotes nativos sobre el peso vivo, siendo aquellos con pigmentación coral, más pesados (0.97 kg) que los de pigmentación rosa.

Pérez *et al.* (2013) encontraron que los guajolotes machos con plumaje de color bronce alcanzaron su peso a mercado (6.0 kg) a las 40 semanas de edad, mientras que las hembras del mismo color de plumaje lo alcanzaron (3.6 kg) a las 35 semanas. Finalmente, por los antecedentes ya mencionados, es importante investigar y determinar, el efecto del color del plumaje del guajolote autóctono sobre las características productivas, como podrían ser, producción y peso del huevo, así como, caracterizar el crecimiento de los pavipollos bajo condiciones de confinamiento total, hasta alcanzar el peso al mercado.

2. HIPÓTESIS

El color del plumaje del guajolote autóctono tiene efecto sobre las características productivas del mismo, ello debido a los efectos pleiotrópicos, que pueden afectar a un conjunto de características fenotípicas, tales como, producción y peso del huevo y velocidad de crecimiento.

3. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar y modelar la relación entre la coloración del plumaje de guajolotes autóctonos (*Meleagris gallopavo*) y su productividad (huevo y velocidad de crecimiento).

4. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Evaluar la producción de huevo de guajolotas autóctonas con diferente coloración del plumaje
2. Determinar el peso del huevo de guajolotas autóctonas con diferente coloración del plumaje
3. Analizar el peso vivo de guajolotes autóctonos con diferente coloración del plumaje
4. Determinar el consumo de alimento de guajolotes autóctonos con diferente coloración del plumaje
5. Evaluar la ganancia de peso de guajolotes autóctonos con diferente coloración del plumaje
6. Analizar la conversión alimenticia de guajolotes autóctonos con diferente coloración del plumaje

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación

El trabajo se realizó en las instalaciones avícolas de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, localizadas en el km 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro, en el municipio de Tarímbaro, Michoacan, México, entre en las coordenadas 101.17730 de longitud, 19.19379 de latitud y a una altura de 1, 860 metros sobre el nivel del mar. En esta región se tiene una precipitación pluvial anual de 609.0 milímetros y temperaturas que oscilan entre los 2.5 y 25.1°C (INEGI, 2010).

5.2. Obtención de los animales

Para determinar la producción de huevo y el peso del mismo se utilizaron 36 hembras en producción y 12 machos, todos con edad superior a seis meses y menor a un año, de cuatro diferentes colores del plumaje: blanco, gris, negro y rojo. Estos guajolotes fueron obtenidos de diferentes municipios del estado de Michoacán (Maravatío, Epitacio Huerta, Contepec, Morelia, Zinapécuaro, Tarímbaro y Penjamillo). Con estas aves se formaron cuatro grupos de tres machos y nueve hembras por coloración, mismos que se subdividieron en tres grupos, cada grupo en una relación de 1:3 es decir un macho y tres hembras; macho y hembras del mismo color del plumaje). Cada subgrupo fue confinado en jaulas construidas de malla de gallinero, con dimensiones

de 2x2x2m (largo, ancho y alto respectivamente). A todos los grupos se les ofreció alimento®, especial para gallinas en postura (Cuadro 1), tanto el alimento como el agua se proporcionaron *ad libitum*.

Cuadro 1. Características nutricionales del alimento suministrado a los guajolotes autóctonos, según especificaciones de la etiqueta

	Fase de producción de huevo
Proteína mínima	16.0%
Grasa mínima	3.0%
Humedad máxima	12.0%
Fibra máxima	5.0%
Cenizas máximas	16,0%
E.L.N. mínima	48.0%

5.3. Registro de producción de huevo

El registro de producción de huevo se llevó a cabo diariamente por la mañana, entre las 9 y las 12:00 hs, en el periodo que comprendió los meses de febrero a junio, cada huevo recolectado se identificó de acuerdo al color del plumaje de la hembra que lo puso y del subgrupo al que pertenecía la hembra; dicha identificación se realizó con lápiz de carbón. Una vez identificados los huevos, fueron pesados en una báscula digital (Sartorius BL3100), con precisión de 0.1 g.

5.4. Incubación

Los huevos recolectados e identificados por períodos de siete días, fueron almacenados a temperatura ambiente en charolas recolectoras de huevo y, previa desinfección con una solución de yodo al 3%: 1 litro de agua con 3 ml de yodo. Este periodo de almacenamiento se determinó en función de la capacidad de la incubadora (270), puesto que con el periodo de almacenamiento de siete días se lograban

almacenar 36 huevos, cantidad que se incubó semanalmente. Cabe destacar que no se realizó ningún proceso de selección para discriminar huevos, es decir, todos los huevos recolectados fueron puestos a incubar. La incubación se realizó en una incubadora automática (Linner), previa regulación de temperatura a 37.5°C y humedad promedio de 65%. A los 25 días del periodo de incubación los huevos fueron separados según subgrupo de procedencia y colocados en mallas plásticas para facilitar el control de las eclosiones. Una vez eclosionados los pavipollos se identificaron con una placa metálica numerada, que se les colocó en el ala izquierda.

5.5. Proceso de crianza

Una vez identificados los pavipollos, se inició el proceso de crianza, para ello se utilizaron 74 aves, 43 machos; 11 rojos, 8 negros, 10 blancos y 14 grises y, 31 hembras; 5 rojas, 6 negras, 12 blancas y 8 grises. Mismos que fueron evaluados en un periodo de 30 semanas postecloción, este periodo de tiempo comprendió de dos fases productivas: fase inicial, misma que duro 10 semanas y en la cual se suministró alimento® *ad libitum*, con 22% de proteína y la fase dos, la cual abarcó un periodo de 20 semanas. En esta fase se suministró alimento comercial *ad libitum* con 16% de proteína (Cuadro 2).

En la primera fase, los pavipollos fueron confinados en jaulas colectivas (n= 5 pavipollos jaula⁻¹) según su coloración del plumaje en cada jaula se colocó un comedero y un bebedero. Durante este periodo fue medido semanalmente el peso vivo (PV) y diariamente el consumo de alimento (CA) por medio de una báscula digital (Sartorius BL3100) con precisión de 0.1 g. Los animales fueron inmunizados a las

**CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO
(*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO**

cinco semanas de edad contra viruela aviar y enfermedad de Newcastle. En la segunda fase, los guajolotes fueron confinados individualmente en jaulas con dimensiones de 80x80x80cm (largo, ancho y alto respectivamente). En cada jaula se colocó un comedero y un bebedero. Durante este periodo semanalmente se midió el peso vivo (PV) y diariamente el consumo de alimento (CA) con apoyo de una báscula digital (Torrey) con precisión de 5.0 g.

Cuadro 2. Características nutricionales del alimento suministrado a los guajolotes autóctonos, según especificaciones de la etiqueta

	Fase 1 (1 a 10 semanas de edad)	Fase 2 (11 a 30 semanas de edad)
Proteína mínima	22.0%	16.0%
Grasa mínima	2.5%	3.0%
Humedad máxima	12.0%	12.0%
Fibra máxima	5.0%	5.0%
Cenizas máximas	9.0%	16,0%
E.L.N. mínima	49.5%	48.0%

En ambas etapas el valor de las variables consumo de alimento, ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CVA) se obtuvo de la siguiente manera:

- Consumo de alimento.- mediante el registro del suministro menos rechazo diariamente.
- Ganancia de peso.- se obtuvo a través del peso inicial menos el peso final semanalmente.
- Conversión alimenticia.- se determinó mediante la relación del consumo de alimento (g) entre la ganancia de peso (g) para cada animal.

En ambas etapas las variables evaluadas se calcularon semanalmente hasta el final de cada etapa.

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información recabada fue analizada mediante mediciones repetidas y las diferencias entre grupos y mes se obtuvieron mediante la metodología de medias de mínimos cuadrados (Herrera y Barreras, 2000). Para establecer la relación entre el color del plumaje del ave (variable cualitativa) y las características productivas (variables cuantitativas) se utilizó la metodología de las correlaciones omega cuadrado (ω^2) (Moncada *et al.*, 2002).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. *Características productivas de guajolotes hembra con diferente coloración del plumaje en confinamiento total*

7.1.1. Producción de huevo (PdH)

Se encontró efecto del color del plumaje de guajolotas autóctonas ($P < 0.0001$) sobre la producción de huevo (número de huevos guajolota⁻¹ mes⁻¹). En este sentido, el promedio de producción de huevo fue mayor en aquellas con plumaje de color gris y blanco ($P < 0.05$), mientras que la menor producción se observó en las guajolotas con plumaje negro ($P < 0.05$) (Cuadro 3). Resultados que concuerdan con Nestor y Renner (1979), quienes observaron efecto de color de plumaje sobre la producción de huevo, siendo las hembras con plumaje rojo las que produjeron menor cantidad de huevos ($P < 0.05$).

En la presente investigación, las guajolotas con plumaje rojo superan en producción a las guajolotas con plumaje negro, pero no logran superar la producción de las hembras de los colores restantes (Cuadro 3). No obstante, posiblemente las diferencias entre los resultados de ésta investigación y la de Nestor y Renner (1979), no solamente se deban a la coloración del plumaje, sino también, al conjunto de genes que poseían los animales evaluados, mismos que determinan la expresión fenotípica de los individuos ante un ambiente determinado (Falconer y Mackay 2001).

Cuadro 3. Producción de huevos/color de plumaje de guajolotas autóctonas en confinamiento

COLOR	Promedio	D.E.
Gris	7.7 ^a	1.8
Rojo	7.3 ^b	1.8
Blanco	7.6 ^a	1.7
Negro	6.7 ^c	1.5

Literales ^{a, b, y c} indican diferencias estadísticas (P<05) dentro de columna

En cuanto al efecto del mes sobre la producción de huevo guajolota⁻¹ (P<0.01) se observó que, la mayor producción de huevos guajolota⁻¹ fue durante los meses de marzo y abril (Cuadro 4); meses que concuerdan con el inicio de la primavera y con un fotoperiodo más prolongado. Además, la National Research of Council (1991) indica que durante los días largos (abril a junio) los guajolotes muestran actividad reproductiva, puesto que son animales con reproducción estacional.

Cuadro 4. Producción de huevo/mes de guajolotas autóctonas en confinamiento

MES	Promedio	D.E.
Febrero	7.8 ^a	1.5
Marzo	8.5 ^b	1.2
Abril	8.5 ^b	1.1
Mayo	6.7 ^c	1.1
Junio	5.2 ^d	1.7

Literales ^{a, b, c y d} indican diferencias estadísticas (P<0.05) dentro de columna

En lo que respecta al efecto de la anidación color del plumaje(mes) sobre la producción del huevo (P=0.0001), se encontró que el pico de producción de huevos fue en mes de abril (P<0.05), mes en el cual las guajolotas con plumaje gris y las de plumaje blanco fueron las que produjeron mayor cantidad de huevos (8.9±1.2 y 8.7±1.0 huevos

hembra⁻¹ mes⁻¹, respectivamente) en comparación con el resto de los colores evaluados; mientras que las guajolotas con plumaje negro fueron las que menos huevos produjeron ($P < 0.05$): 8.1 ± 1.1 huevos hembra⁻¹ mes⁻¹ (Figura 1). Juárez y Gutiérrez (2009), indican que la hembra de guajolote autóctono producen en promedio 16 huevos mes⁻¹. Camacho *et al.* (2008) observaron que en promedio las guajolotas ponen 13 ± 4 huevos mes⁻¹. De acuerdo con los resultados de estos investigadores, la productividad de las guajolotas analizadas, no lograron expresar su potencial productivo.

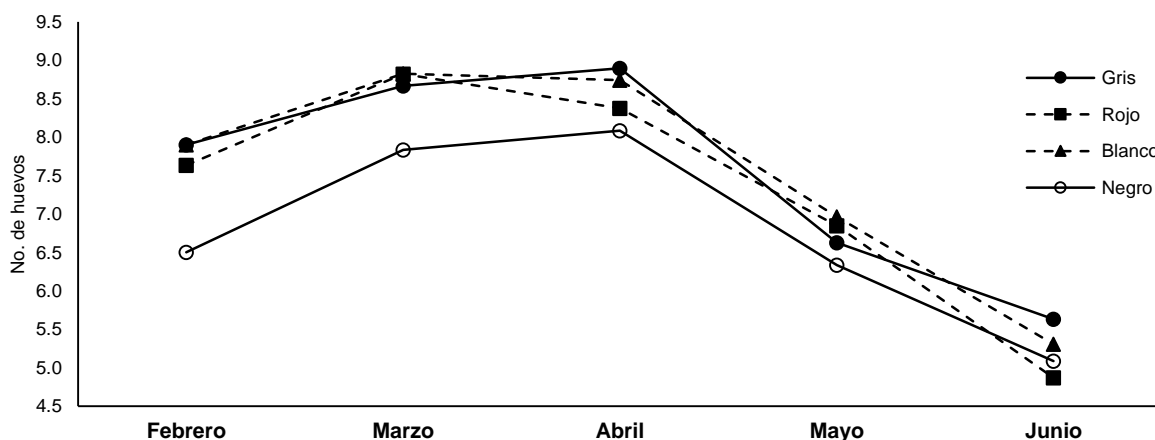


Figura 1. Producción de huevo mensual de guajolotas autóctonas con diferente color del plumaje en confinamiento.

7.1.2. Peso del huevo (PH)

Por otra parte, el color del plumaje afectó al peso del huevo ($P < 0.0001$). Los huevos de las guajolotas con plumaje gris fueron más pesados ($P < 0.05$): 83.4 g, con respecto al resto de los colores evaluados (plumaje rojo, negro o blanco), mientras que los huevos de guajolotas con plumaje blanco fueron los de menor peso: 74.0 g. En cuanto

**CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO
(*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO**

a los huevos de las guajolotas con color del plumaje rojo y negro no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre estos colores (Cuadro 5). En lo referente al peso del huevo de guajolotas, los resultados observados en esta investigación, de manera general, concuerdan con lo observado por Juárez *et al.* (2011): 79.7 ± 5.3 g.

En relación al efecto del color del plumaje sobre el peso del huevo de las guajolotas analizadas, este mismo fenómeno fue observado por Yilmaz y Çağlayan (2008) y Hakan *et al.* (2015) en codornices, el color del plumaje tuvo efecto significativo en el peso del huevo de estas aves. Sari *et al.* (2012) en Turquía, quienes determinaron que los huevos obtenidos a partir de las codornices con plumaje gris, resultaron ser más pesados en comparación a los huevo provenientes de codornices con plumaje blanco y oro.

Cuadro 5. Peso del huevo/color del plumaje de guajolotas autóctonas en confinamiento

COLOR	Peso del huevo (g)	D.E.
Gris	83.4a	4.9
Rojo	78.5b	5.4
Blanco	74.0c	7.5
Negro	77.5b	8.2

Literales ^{a, b y c} indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$) dentro de columna

Un aspecto importante, observado en esta investigación, fueron los resultados de las correlaciones (r^2) entre producción de huevo-color del plumaje y peso del huevo-color del plumaje de las guajolotas autóctonas (Cuadro 6). En este sentido, este tipo de correlaciones se establecieron por mes y en donde se encontró que, la producción de huevo-color del plumaje fue alta (29.2%) únicamente en el mes de febrero, en donde

las hembras de color gris superaron al resto de las hembras con diferente plumaje ($P < 0.05$). Mientras que, para las correlaciones peso del huevo-color del plumaje por mes (Cuadro 6), fueron altas ($> 18\%$) en cada uno de los meses evaluados; aunque si bien, en los meses de marzo y abril las correlaciones fueron de 28.0 y 27.2%, respectivamente. En estos meses, las guajolotas con plumaje gris y blanco superaron en producción a las guajolotas con color del plumaje diferentes a estos ($P < 0.05$). En general el valor de las correlaciones citadas, indican que el efecto del color del plumaje sobre la producción y peso del huevo es alto, de acuerdo a Cohen (1977), quien sugiere que una correlación de r^2 del 15% o más indica un efecto catalogado como alto; mientras que un valor entre 6 y 14% indican un efecto mediano o moderado y, un valor menor al 6% señala un efecto pequeño.

Cuadro 6. Correlaciones entre el color del plumaje y la producción y peso del huevo del guajolote autóctono hembra

	Color del plumaje de las guajolotas/mes de monitoreo				
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Producción de huevo	29.2%	10.9%	9.3%	4.2%	6.9%
Peso del huevo	23.0%	28.0%	27.2%	18.0%	20.2%

7.1.3. Peso vivo (PV)

En lo referente a las hembras, se encontró que el peso vivo de éstas no fue afectado por el color del plumaje ($P > 0.05$). De ésta manera los promedios de peso fueron, a las 10 semanas de 1286 ± 199 , 1223 ± 89 , 1200 ± 217 y 1053 ± 110 g, para plumaje blanco, gris, negro y rojo, respectivamente (Figura 2). Para el caso del peso final (semana 30 del periodo experimental) tampoco se encontró efecto del color del plumaje sobre el

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO

peso vivo ($P>0.05$): 3288 ± 422 , 3433 ± 450 , 3423 ± 600 y 3308 ± 187 g para plumaje blanco, gris, negro y rojo, respectivamente (Figura 2).

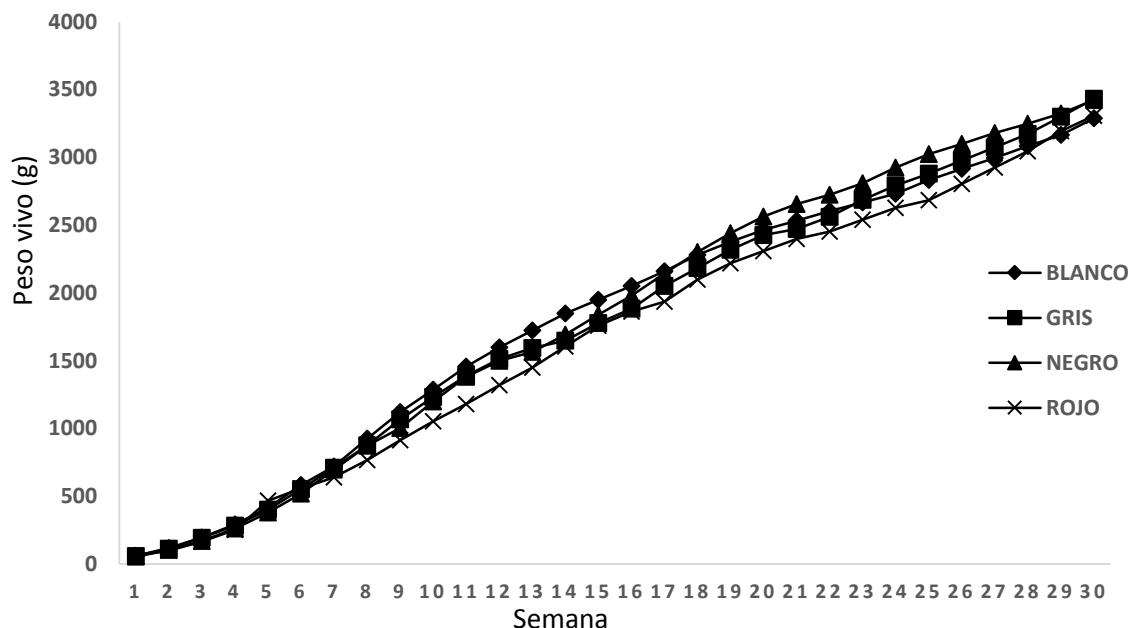


Figura 2. Peso vivo del guajolote hembra de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana.

Pérez *et al.* (2013) observaron que el peso vivo de este tipo de aves, hembras con coloración bronceado alcanza un peso a 10 semanas de edad de 1090 ± 81 g, peso inferior al compararlo con los pesos vivos encontrados en las aves con coloraciones de plumaje blanco, gris y negro, mientras que con la coloración roja, fue similar.

A las 20 semana de edad, el peso de las aves de coloración blanca, gris y negra fueron similares a lo reportado por Pérez *et al.* (2013) para hembras con plumaje bronceado (2563 ± 56 g), mas no así las aves de coloración roja cuyo peso fue inferior (Cuadro 7), Sin embargo, todos los pesos de las diferentes coloraciones observados en el presente estudio, fueron menores al peso vivo para guajolotas autóctonas (2745g) observado por Pacheco (2012).

**CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO
(*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO**

Al finalizar el periodo experimental (30 semanas), las aves de coloración negro y gris fueron las mostraron una tendencia hacia un mayor peso vivo, ello en comparación con las aves de coloración blanca y roja, no obstante, el peso entre las coloraciones fue similar ($P>0.05$) (Cuadro 7). Con respecto al peso vivo de éstas aves a la semana 30 de edad, Pérez *et al.* (2013) encontraron que éste parámetro en aves hembras con coloración de plumaje bronceado es de 3512 ± 93 g, peso vivo similar a las aves de las diferentes coloraciones en el presente estudio (Cuadro 7). Es posible, que debido al dimorfismo sexual de estas aves, la expresión en la velocidad de crecimiento (peso y talla) se exprese con mayor claridad en el guajolote autóctono macho (Figura 3).

Cuadro 7. Características productivas de guajolotes autóctonos hembras de diferentes coloraciones del plumaje

Característica	Semana	Color			
		Blanco	Gris	Negro	Rojo
Ganancia de peso (g)	10	163±48a	166±39a	195±50a	138±53a
	20	87±47a	108±76ab	123±68b	90±35a
	30	121±94a	131±93a	98±68a	113±81a
Peso vivo (g)	10	1286±199a	1223±89a	1200±217a	1053±110a
	20	2464±195a	2427±409ac	2563±325b	2310±64c
	30	3288±422a	3433±450a	3423±600a	3308±187a
Conversión alimenticia	10	5±1a	5±1a	5±1a	6±3a
	20	10±2a	8±3b	8±3b	10±3a
	30	12±3a	9±2b	10±3b	12±1a
Consumo de alimento (g)	10	798±121a	854±44a	851±77a	824±90a
	20	888±444a	664±369b	832±349a	858±110a
	30	1150±639a	1052±352a	841±464b	1309±654a

Literales ^{a, b y c} indican diferencias estadísticas ($P<0.05$) dentro de fila

La poca o nula información respecto al efecto de la coloración del plumaje y su efecto en el crecimiento del guajolote autóctono hembra, imposibilita establecer con claridad si existe un efecto pleiotrópico en estas aves, como sí se ha podido establecer en otras especies de aves. Minvielle *et al.* (2007), determinaron que, el crecimiento inicial de las codornices con coloración de plumaje amarillo es más lento al compáralo con el crecimiento de las codornices con coloración de plumaje tipo salvaje: 149.3 g vs. 153.0 g para las codornices de coloración amarilla y tipo silvestre, respectivamente; a 28 días de edad. Esto sugiere que la coloración tiene una influencia sobre el desempeño productivo del peso vivo. No obstante, y de acuerdo a los resultados, los guajolotes hembra bajo confinamiento total y alimentadas *ad libitum* no mostraron diferencias ($P>0.05$) en su comportamiento de crecimiento. Lo que en una primera instancia descartaría el efecto del fenotipo (color del plumaje) sobre el desarrollo del este tipo de aves (peso vivo semana⁻¹) (Cuadro 7)

7.1.4. Ganancia de peso (GP)

En lo referente a las hembras, se encontró que la ganancia de peso semanal de éstas no fue afectado por el color del plumaje ($P>0.05$). De ésta manera los promedios de ganancia de peso fueron, a las 10 semanas de 163±48, 166±39, 195±50 y 138±53 g, para plumaje blanco, gris, negro y rojo, respectivamente (Cuadro 7). Para el caso del peso final (semana 30 del periodo experimental) tampoco se encontró efecto del color del plumaje sobre la ganancia de peso ($P>0.05$): 121±94, 131±93, 98±68 y 113±81 g para plumaje blanco, gris, negro y rojo, respectivamente (Cuadro 7).

Pacheco (2012), determinó la ganancia de peso de éste tipo de aves, observó una ganancia de peso diaria de 14.7 ± 5.2 g, a 20 semanas de edad, ellos sin considerar el color del plumaje. Cuando se analiza la ganancia diaria obtenida por las guajolotas a las 20 semanas de edad, en esta investigación se encontraron las siguientes ganancias de acuerdo a la coloración del plumaje: 14.7 ± 1.8 , 18.5 ± 3.4 , 20.7 ± 2.3 y 15.7 ± 4.8 g, para blanco, gris, negro y rojo, respectivamente. Como se puede observar, únicamente las hembras con color blanco se encontraron dentro del indicador referido por Pacheco (2012).

7.1.5. Consumo de alimento (CA)

Se encontró que el consumo de alimento de las hembras no fue afectado por el color del plumaje ($P > 0.05$); los promedios de consumo de alimento semanal encontrados en la semana 10 de monitoreo fueron como sigue: 798 ± 121 , 854 ± 44 , 851 ± 77 y 824 ± 90 g para plumaje blanco, gris, negro y rojo, respectivamente (Cuadro 7). Y para la semana 30, del periodo experimental, el análisis estadístico determinó efecto del color del plumaje sobre el peso vivo ($P < 0.001$). En este sentido, las guajolotas con plumaje negro presentaron el menor consumo de alimento (841 ± 464 g) en comparación con el consumo de las guajolotas blancas (1150 ± 639 g), gris (1052 ± 352 g) y rojo (1309 ± 654 g), promedios éstos iguales entre sí ($P > 0.05$) (Cuadro 7). Pacheco (2012), quien indica un consumo de alimento de 977 g/semana en la semana 20, por lo que es de suponer que el consumo registrado, en la presente investigación, está dentro de los consumos normales de las guajolotas en confinamiento total y alimentadas *ad libitum*.

7.1.6. Conversión alimenticia (CVA)

En cuanto a la conversión alimenticia en las hembras del guajolote autóctono, ésta no fue afectada por el color del plumaje ($P>0.05$) en la semana 10 de edad, mientras que a partir de la semana 20 y hasta la semana 30 de edad, en donde se encontró efecto del plumaje sobre este indicador ($P<0.001$), las hembras grises (9 ± 2) y negras (10 ± 3) tuvieron mejor ($P<0.05$) conversión alimenticia en comparación que las hembras con plumaje rojo (12 ± 1) y blanco (12 ± 3) (Cuadro 7).

Con respecto a la conversión alimenticia, Pacheco *et al.* (2012) en el periodo que comprendió de la semana 16 a la semana 20, encontró una conversión alimenticia en hembras autóctonas de 10.3 ± 2.9 , parecido a la conversión alimenticia para las hembras con plumaje rojo (9 ± 1.7), pero mayor al encontrado para las hembras con plumaje blanco (8.0 ± 1.8), gris (7.0 ± 0.7) y negro (8.0 ± 1.3), lo que indica que las hembras estudiadas por pacheco requirieron de uno a tres kg más de alimento que las hembras del presente estudio para formar 1 kg de peso vivo.

Aun y cuando el análisis de varianza para las diferentes variables evaluadas en la presente investigación, determinaron que el color del plumaje como fuente de variación no fue significativo ($P>0.05$), las correlaciones (r^2) encontradas entre color de plumaje- peso vivo a las 10 semanas de edad de las guajolotas fue la que generó la correlación más alta, lo que podría sugerir un efecto del plumaje en las primeras 10 semanas de vida de estos individuos.

Para el caso de las 30 semanas de edad, la correlación coloración del plumaje- conversión alimenticia, también generó una correlación alta (14.8%) (Cuadro 8),

resultado que confirma el resultado del análisis de varianza para este indicador y en donde el factor de variación color del plumaje fue altamente significativo, lo que indica que para aspectos de conversión alimenticia en guajolotas autóctonas, el color del plumaje debe ser un factor a considerar en la meleagricultura; es decir, es preferible utilizar guajolotas con plumaje gris y negro, pues este tipo de aves requieren de menos kg de alimento para hacer un kg de carne en comparación con las guajolotas con plumaje blanco o rojo (Cuadro 7).

Cuadro 8. Correlaciones (r^2) entre el color del plumaje y las características productivas del guajolote autóctono hembra

	Peso vivo	Ganancia de peso	Consumo de alimento	Conversión alimenticia
Color (10 semanas de edad)	13.0%	12.4%	7.2%	12.0%
Color (30 semanas de edad)	2.4%	2.1%	7.1%	14.8%

7.2. Características productivas de guajolotes autóctonos machos con diferente coloración del plumaje en confinamiento total

En relación a los indicadores productivos del guajolote autóctono macho, afectados por la coloración del plumaje y contrario a lo referido en las hembras, en estos individuos (machos), los resultados presentaron mayor contundencia en el efecto, posiblemente pleiotrópico, del color del plumaje con forme trascurrieron las semanas de monitoreo de la fase experimental. Por ello, en este apartado se discutirán, no solo la semana 10 y la 30, como en el caso de las hembras; sino, se abordaran otras semanas que permitieron caracterizar con mayor precisión la velocidad de crecimiento de estos ejemplares.

7.2.1. Peso vivo (PV)

En los guajolotes, se encontró efecto del color del plumaje ($P < 0.0001$) sobre el peso vivo. Las Figuras 2 y 3 muestran que a partir de la semana 10 de edad, el peso vivo de estas aves comienza a diferenciarse con respecto a su coloración del plumaje. Fenómeno parecido al encontrado por Hakan *et al.* (2015) en codornices con diferentes colores del plumaje, en las cuales a partir de la segunda semana de edad encontraron diferencias significativas entre los colores del plumaje de las codornices estudiadas. Con respecto al guajolote, Nestor y Renner (1979) observaron diferencias significativas en cuanto al peso vivo de guajolotes con diferente coloración del plumaje.

El peso vivo a las 10 semanas de edad de los guajolotes machos con plumaje blanco fue mayor ($P < 0.05$) con respecto a aquellos con plumaje negro, gris y rojo. Para la semana 20 el peso vivo de los guajolotes con plumaje rojo fue menor ($P < 0.05$) que el peso vivo de los guajolotes con plumaje blanco, gris y negro, sin embargo, en la semana 30 de edad el peso vivo de los guajolotes con color del plumaje negro y gris fueron mayores ($P < 0.05$) con respecto al peso vivo de los guajolotes con plumaje blanco y rojo (Cuadro 9).

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO

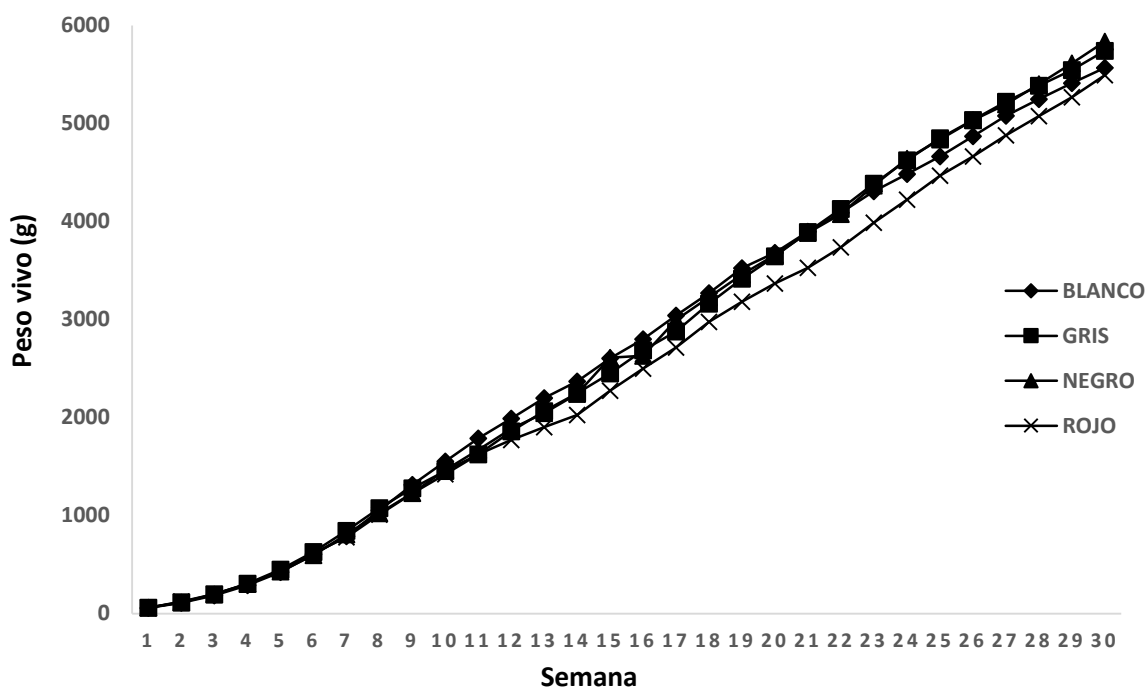


Figura 3. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana.

Los pesos vivos de los guajolotes evaluados fueron iguales durante las primeras semanas, sin embargo, a partir de la semana 6 los pesos con respecto a la coloración del plumaje comienzan a diferenciarse, haciéndose evidente esta diferencia ($P < 0.05$) en la semana 10 de edad, donde los guajolotes con coloración del plumaje blanca alcanzaron mayor peso vivo que aquellos de color negro, gris y rojo, por su parte los guajolotes con plumaje rojo fueron los que menor peso vivo alcanzaron en esta semana (Figura 3 y Cuadro 9).

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO

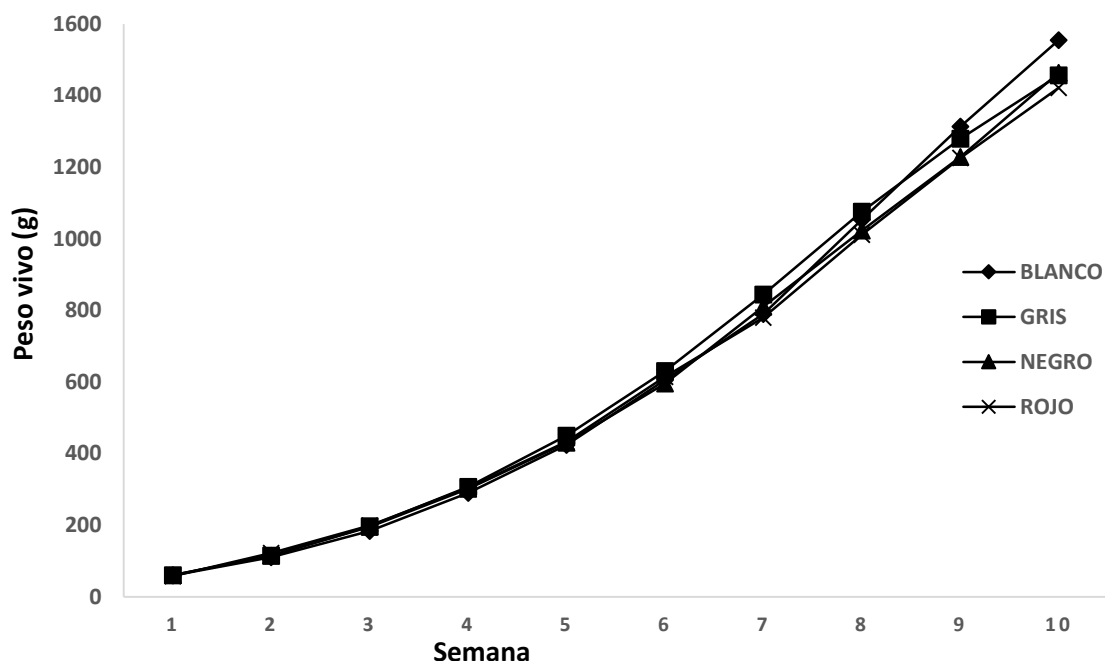


Figura 4. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana durante la etapa de 1 a 10 semanas de vida.

Juárez y Fraga (2002) encontraron que en la semana cuatro de edad los guajolotes pesaron 405 ± 140 g, mayor a lo observado en el presente estudio: 290 ± 59 , 307 ± 72 , 302 ± 43 y 304 ± 109 g para guajolotes con plumaje blanco, gris, negro y rojo, respectivamente. Estos mismos autores indicaron un peso mayor en la semana ocho de edad (1424 ± 481 g) en comparación con los guajolotes con plumaje de color blanco (1053 ± 131 g), gris (1076 ± 151 g), negro (1024 ± 53 g) y rojo (1012 ± 159 g), evaluados en esta investigación. Con respecto al PV en la semana 10 (Cuadro 9), este fue mayor al determinado por Pérez *et al.* (2013) en guajolotes con plumaje bronce ($1\ 212 \pm 65$ g) evaluados en la costa oaxaqueña, México; sometidos a confinamiento total y alimentados *ad libitum*.

En cuanto al periodo que comprendió desde la semana 11 hasta la semana 20 (Figura 5), los guajolotes con coloración del plumaje blanca fueron más pesados con respecto a los guajolotes con color del plumaje gris, negro y rojo, sin embargo conforme avanzan las semanas los guajolotes grises y negros alcanzan en peso vivo a los guajolotes de plumaje blanco, en tanto que los guajolotes con plumaje rojo seguían siendo los de menor peso vivo durante este periodo. Para la semana 20 de edad, los guajolotes de coloración blanca, negra y gris alcanzaron peso similar entre sí, mayor que el peso de los guajolotes con plumaje rojo.

El peso vivo encontrado en la semana 12 de edad para los guajolotes con plumaje blanco (1990 ± 133 g), gris (1859 ± 197 g), negro (1886 ± 197 g) y rojo (1771 ± 229 g), fue menor al peso vivo de guajolotes observado por Juárez y Fraga (2002) a la misma edad (2168 ± 523 g). Por otro lado, el peso vivo en la semana 15 de edad para los guajolotes con plumaje blanco (2605 ± 155 g), gris (2452 ± 358 g) y negro (2613 ± 442 g) resultó mayor al indicado por Pérez *et al.* (2013) en guajolotes con plumaje bronceado (2346 ± 88 g), sin embargo el peso encontrado por estos investigadores fue mayor en comparación con los guajolotes con plumaje rojo (2274 ± 221 g) del presente estudio.

Por su parte Pacheco (2012), encontró un peso vivo de 3389 g en la semana 16 de edad, mayor al observado en los guajolotes evaluados en esta investigación: 2801 ± 211 , 2687 ± 355 , 2631 ± 241 y 2501 ± 292 g para guajolotes con plumaje blanco, gris, negro y rojo, respectivamente. Para la semana 20 de edad, Pérez *et al.* (2013) encontraron un peso de 2563 ± 82 g en guajolotes con plumaje bronceado; peso menor al alcanzado por los guajolotes del presente estudio (Cuadro 9). Sin embargo Pacheco

(2012), indica un peso vivo en guajolotes autóctonos de 4419 g (sin especificar el color del plumaje) a la misma edad, es decir, mayor que el del presente estudio (Cuadro 9).

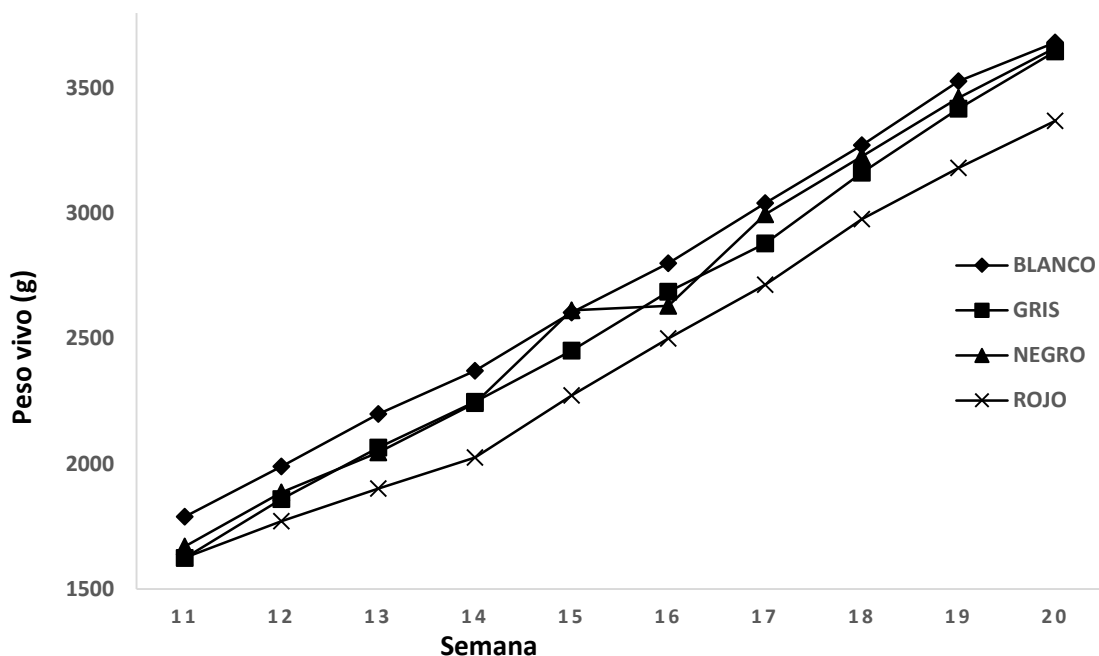


Figura 5. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana durante la etapa de 11 a 20 semanas de vida.

En la Figura 6 se muestra que en la semana 21 de edad los guajolotes blanco, negro y gris alcanzaron pesos vivos semejantes ($P>0.05$). Sin embargo, para la semana 23 los guajolotes con color del plumaje blanco disminuyeron su velocidad de crecimiento, por lo que al final del periodo experimental (semana 30) los guajolotes con mayor peso fueron los de plumaje negro, seguidos por los de plumaje gris y en consecuencia, los de menor peso fueron los guajolotes con plumaje blanco y rojo.

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO

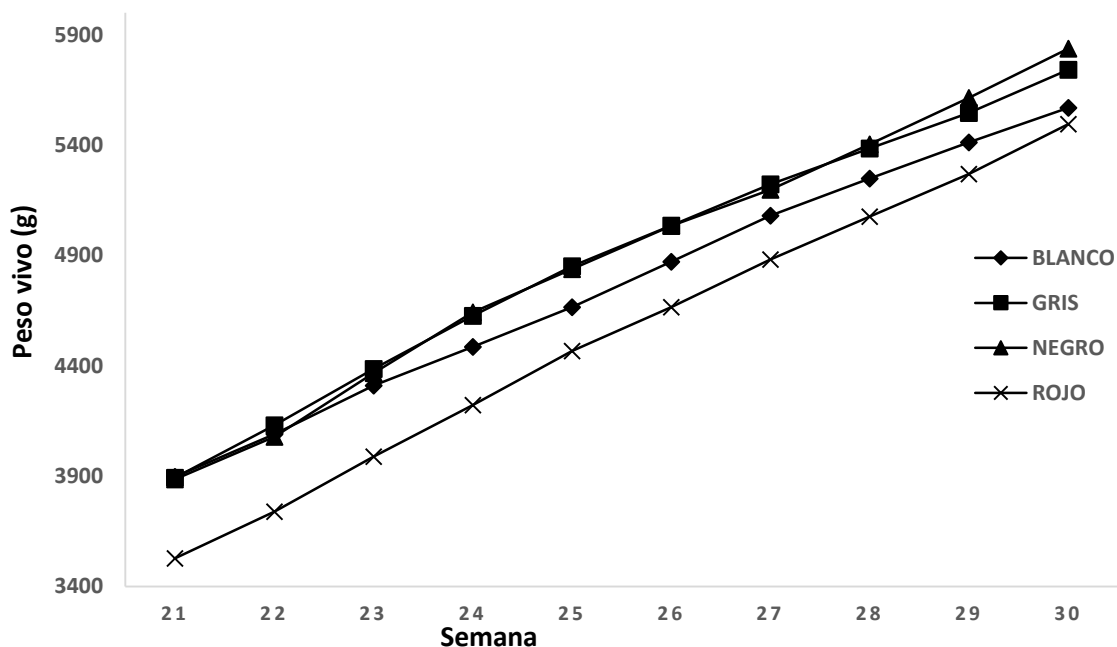


Figura 6. Peso vivo del guajolote macho autóctono de acuerdo con la interacción coloración de plumaje (fenotipo)*semana durante la etapa de 21 a 30 semanas de vida.

Juárez (2004) determinó que guajolotes con plumaje negro alcanzaron un peso promedio a las 26 semanas de edad de 7.93 ± 0.69 kg, diferente al peso encontrado para los guajolotes de esta investigación, los cuales pesaron 4.87 ± 0.49 , 5.04 ± 0.52 , 5.03 ± 0.40 y 4.67 ± 0.47 kg para guajolotes con plumaje color blanco, gris, negro y rojo, respectivamente. Por otro lado, Pacheco (2012) indica que a las 28 semanas de edad los guajolotes autóctonos machos llegan a pesar 5.7 kg, peso que concuerda con el peso de los guajolotes con plumaje gris (5.74 ± 0.46 kg) pero mayor al observado en los guajolotes con plumaje blanco (5.24 ± 0.54 kg), negro (5.40 ± 0.39 kg) y rojo (5.08 ± 0.40 kg).

En relación a los resultados descritos en el párrafo anterior, Pérez *et al.* (2013) encontraron que los guajolotes con plumaje bronceado en la semana 30 de edad,

alcanzaron un peso de 5.57 ± 0.20 kg, peso similar al encontrado en esta investigación en guajolotes con plumaje blanco y rojo, pero estos pesos fueron iguales entre sí ($P > 0.05$) y menores ($p < 0.05$) en comparación con los pesos de los guajolotes de plumaje negro y gris; y entre estos colores no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) (Cuadro 9). Estas diferencias en cuanto al peso vivo, sugieren ser evidencia del efecto del fenotipo (color del plumaje) sobre el peso vivo de guajolotes autóctonos alimentados *ad libitum* y bajo confinamiento total.

Minvielle *et al.* (2006) establecieron efecto del color del plumaje de codornices machos sobre el peso vivo, hallazgo encontrado cuando se evaluaron los genotipos albino, roux, plata y plumaje tipo salvaje, dicho efecto asociado al crecimiento inferior en comparación con las codornices con plumaje tipo salvaje. Estas observaciones en la codorniz, sugieren un efecto pleiotrópico entre la expresión de melanina y el crecimiento (Minvielle *et al.*, 2010).

En relación a lo anterior, se ha descubierto en la primera década del presente siglo, que las codornices con menor producción de melanina (Roux, lavanda y albino) presentan menor peso corporal que las codornices de tipo salvaje, quienes producen mayor cantidad de melanina con respecto a las demás coloraciones (Minvielle *et al.*, 2009). Quizá esto explique, al menos en parte, el por qué los guajolotes de plumaje blanco mostraron mayor peso en la etapa temprana de la vida y por qué, los guajolotes con plumaje negro, al avanzar su edad (mayor contenido de melanina) mostraron mayor peso en comparación con los guajolotes de plumaje blanco.

Cuadro 9. Características productivas de guajolotes autóctonos machos de diferentes coloraciones del plumaje

Característica	Semana	Color			
		Blanco	Gris	Negro	Rojo
Ganancia de peso (g)	10	241±70a	177±70b	235±90a	196±61b
	20	155±103a	229±100b	200±92bc	187±95c
	30	157±55a	196±41b	223±58b	225±109b
Peso vivo (g)	10	1555±144a	1466±241b	1464±154b	1422±147b
	20	3682±340a	3647±417a	3661±422a	3369±300b
	30	5570±613a	5742±463b	5838±391b	5495±431a
Conversión alimenticia	10	4±2a	5±1b	4±2a	5±1b
	20	8±4a	6±2a	9±6b	12±3a
	30	11±3a	9±3b	8±2c	9±3b
Consumo de alimento semanal (g)	10	904±64a	810±198b	884±187a	832±90b
	20	835±371a	1138±479b	1181±322b	1093±295b
	30	1699±506a	1544±495b	1722±356a	1787±553a

Literales ^{a, b y c} indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$) dentro de fila

7.2.2. Ganancia de peso (GP)

En relación con la ganancia de peso, se encontró efecto del color del plumaje de los guajolotes machos ($P < 0.0001$) sobre la ganancia de peso, en el Cuadro 9 se observa que los guajolotes blancos y negros ganaron mayor peso ($P < 0.05$) en comparación con los grises y rojos en la semana 10, mientras que en la semana 20 los blancos fueron los que menor ($P < 0.05$) ganancia de peso tuvieron en comparación con los grises. Sin embargo, en la semana 30 de edad no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en ganancia de peso entre los guajolotes con colores de plumaje negro, gris y rojo;

pero, estos guajolotes de estos colores presentaron mayor ganancia de peso ($P < 0.05$) en comparación con los guajolotes de plumaje blanco. Lo que significa que el comportamiento es diferente al de las hembras, ya que, entre aquellas, no hubo diferencias (Cuadro 7), lo cual puede ser atribuido al dimorfismo sexual que presentan estas aves.

En relación con el dimorfismo sexual, Sañudo (2009) señala, que se trata de una condición que presenta dos formas o dos aspectos anatómicos diferentes, de esta forma, los machos presentan mayor alzada, diámetros, anchuras, perímetros y pesos acompañados de mayor desarrollo de las masas musculares y la estructura ósea. Además, estos aspectos que delimitan las diferencias entre machos y hembras suelen ser más manifiestas en guajolotes autóctonos, por lo que, a esto se podría atribuir la brecha entre las curvas del peso vivo entre machos y hembras del presente estudio (Cuadro 7 y Cuadro 9 para hembras y machos, respectivamente).

En la etapa que correspondió de las 16 a las 20 semanas, la GP diaria de los guajolotes con plumaje blanco, gris, negro y rojo fue de 30.8 ± 7 , 30.3 ± 3 , 32.5 ± 3 y 30.6 ± 3 g respectivamente, estos resultados fueron parecidos a los encontrados por Pacheco (2012) quien indicó una ganancia de peso de 35.0 ± 8 g por día, sin embargo, este mismo autor observó una ganancia de peso de 17.3 ± 5 g por día, ganancia de peso menor a la encontrada en este estudio para guajolotes con plumaje blanco (27.9 ± 3 g), gris (31.1 ± 5 g), negro (31.1 ± 6 g) y rojo (30.5 ± 5 g).

Esta variabilidad en torno a los resultados, tanto de los investigadores antes citados como los del presente estudio, posiblemente se debió a que el peso corporal del

guajolote autóctono se atribuye a la acción acumulativa y concomitante de varios pares de genes, llamados polímeros (Guidobono, 1985). Lo que implica que el peso vivo está determinado por la carga genética de los guajolotes nativos y en consecuencia peso vivo y ganancia de peso en guajolotes nativos dependerá de la región de donde provenga la población analizada (Chassin *et al.*, 2005; López *et al.*, 2008).

La mayor ganancia de peso en el guajolote autóctono se observó a la edad de 23 semanas (253 g), valor similar en g, pero diferente en edad al encontrado por Pérez *et al.* (2013) en guajolote bronceado, dado que estos investigadores observaron el mismo rasgo a las 16 semanas de edad (259 g) de los animales. No hay evidencias que indiquen si tales diferencias se pueden atribuir al color del plumaje, a la dieta o al ambiente de la región.

7.2.3. Consumo de alimento (CA)

El color del plumaje también mostró efecto ($P < 0.001$) sobre el consumo de alimento, en la semana 10 de edad los guajolotes con color del plumaje blanco fueron los que consumieron más alimento, seguidos por los guajolotes con plumaje negro, estos dos grupos mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) en comparación con los guajolotes de plumaje gris y rojo. En la semana 20 los guajolotes con plumaje blanco consumieron menor cantidad de alimento ($P < 0.05$) en comparación con los rojos, negros y grises, mientras que en la semana 30 los guajolotes con plumaje rojo fueron los que consumieron mayor cantidad de alimento y los guajolotes con plumaje gris los que menor cantidad de alimento consumieron (Cuadro 9).

En cuanto a la etapa de 16 a 20 semanas de edad se encontró un consumo de alimento diario promedio de 177 ± 14 , 164 ± 9 , 157 ± 19 y 175 ± 19 g para guajolotes con plumaje blanco, gris, negro y rojo respectivamente, estos resultados fueron menores a los encontrados por Pacheco (2012) (199 ± 29 g), sin embargo en algunos casos, como en los guajolotes con plumaje blanco y negro la diferencia fue menor a 30 g, cabe mencionar que estos dos estudios fueron llevados a cabo en condiciones de confinamiento y alimentación parecidas.

Con respecto al periodo que comprendió de 21 a 28 semanas de edad, el consumo de alimento observado fue de 226 ± 22 , 209 ± 19 , 203 ± 31 y 207 ± 14 g para guajolotes con plumaje blanco, gris, negro y rojo respectivamente, resultados que coinciden con los encontrados por Pacheco (2012) (223 ± 20 g). Es probable que la similitud en dicho comportamiento se explique por qué ambas poblaciones comparten a su vez similar estructura genética, al proceder de los mismos municipios del estado de Michoacán, México y dado también a que coinciden las épocas del periodo experimental.

Bed'hom *et al.* (2012) encontraron diferencias asociando un mayor consumo de alimento y baja temperatura corporal en codornices con plumaje lavanda. Ellos indicaron que este patrón fenotípico podría estar relacionado con la deficiencia relacionada con homeotermia central, inducida por el efecto de la mutación en PRLH (hormona de liberación de prolactina), lo mismo se ha informado en roedores PRLH deficientes (Takayanagi *et al.*, 2008). Sin embargo, Bed'hom *et al.*, (2012) sugieren que las diferencias entre consumos de los diferentes colores de plumaje de la codorniz, podría estar afectada también, por otros genes relacionados con la coloración lavanda,

estos podrían estar involucrados en algunos de los cambios fisiológicos presentes en las codornices con este color del plumaje.

7.2.4. Conversión alimenticia (CVA)

La conversión alimenticia fue afectada por el color del plumaje ($P < 0.0001$). En la semana 10 de edad los guajolotes con plumaje blanco y negro tuvieron mejor conversión alimenticia ($p < 0.05$) en comparación con los guajolotes con plumaje gris y rojo. sin embargo en la semana 20 los guajolotes con plumaje rojo fueron los de peor conversión alimenticia ($P < 0.05$) en comparación con los guajolotes con plumaje gris y blanco, para la semana 30 de edad, los guajolotes con mejor conversión alimenticia fueron los guajolotes con plumaje negro y los que tuvieron la peor conversión alimenticia fueron los guajolotes con plumaje blanco (Cuadro 9).

Si bien es cierto que en el periodo de las primeras 10 semanas de vida, los guajolotes de plumaje blanco mostraron mayor peso vivo, también es cierto que, durante el mismo periodo, son los que mayor cantidad de alimento consumieron, lo que sugiere mala eficiencia alimentaria; contrario a lo que se muestra con los guajolotes grises a las 30 semanas de edad, en la cual estos ejemplares observan pesos las elevados con menos consumo de alimento, lo que indica eficiencia alimenticia, cuya conversión en esta etapa fue de 9 ± 3 .

Pacheco (2012) observó que los guajolotes autóctonos requerían de 6.0 ± 1.6 kg de alimento por 1 kg de peso vivo ($6 \pm 1.6:1$) en el periodo que comprendía de la semana 16 a la semana 20 de edad, estos resultados son similares a los encontrados en este estudio para los guajolotes con plumaje blanco ($5.7 \pm 1.2:1$), gris ($5.1 \pm 0.6:1$), negro

(6.3±1.7:1) y rojo (6.7±3.2:1). Este mismo autor determinó que en el periodo de 21 a 28 semanas de edad los guajolotes autóctonos requerían 13.8±3.9 kg de alimento para formar 1 kg de peso vivo, lo que no coincide con lo obtenido en esta investigación, donde para formar 1 kg de peso vivo se necesitaron de 8.0±1.6, 7.0±1.7, 7.0±1.5 y 7.1±1.3kg de alimento para guajolotes con plumaje B, G, N y R respectivamente.

Por su parte Juárez y Fraga (2002) establecieron que en la semana 16 de edad el guajolote autóctono requería de 2.58 kg de alimento para formar 1 kg de peso vivo, lo que no concuerda con los resultados obtenidos en esa misma edad, ya que los guajolotes con plumaje blanco, gris, negro y rojo necesitaron de 5.1, 5.1, 5.8 y 4.6 kg de alimento respectivamente para producir 1 kg de peso vivo. Parece ser que, la variabilidad en las poblaciones nativas es una característica frecuente (Ángel *et al.*, 2014), sin embargo, parecen rangos considerables los reportados por otros investigadores, en relación con los encontrados en el presente estudio.

Este efecto del color del plumaje sobre características productivas también fue observado por Hakan *et al.* (2015) para peso vivo, conversión alimenticia y consumo de alimento, en donde, las codornices con plumaje tipo salvaje presentaron mayor peso vivo, consumo de alimento y conversión alimenticia en comparación con codornices con plumaje amarillo, café y blanco. Investigadores como Petek *et al.* (2004) y Minvielle *et al.* (2007) han declarado que el color blanco recesivo tiene un efecto depresivo sobre el peso vivo de la codorniz, lo que podría ser parecido en el guajolote y explicar la razón de que los guajolotes blancos y rojos presentaran menor

peso que los grises y negros, ya que, los colores rojo y blanco son producto de genes recesivos.

Por su parte Minvielle *et al.* (2005) determinaron que codornices con plumaje rizado alcanzan mayor peso que codornices con plumaje salvaje y oxidado, y a su vez codornices con plumaje oxidado fueron menos pesadas que la tipo salvaje. Sin embargo, Minvielle *et al.* (2007) indican que el crecimiento fue similar para codornices machos de color amarillo y de tipo salvaje a los 35 días de edad, y se mantuvo así durante toda la última parte del crecimiento de la codorniz que supervisaron, que fue hasta la edad de 120 días.

Por otra parte también en codornices, se ha asociado el plumaje de color amarillo con una adaptación más difícil a la vivienda (medido por pérdida temporal de peso) en jaulas individuales y a una temperatura corporal 0.2 grados C° más baja a los 42 días en comparación con codornices con plumaje tipo salvaje, sin embargo, el consumo de alimento y la ingesta de alimento son similares para los dos colores del plumajes. Además se ha establecido que la grasa abdominal es 24% más alta (4,66 vs 3,76 g) en la codorniz amarilla que en la de plumaje tipo salvaje. Por lo que se sugiere alguna asociación entre los efectos correlacionados del gen Y en la codorniz y los de la mutación letal A (y) en el locus agutí en el ratón (Minvielle *et al.*, 2007).

Cuadro 10. Correlaciones entre el color del plumaje y las características productivas del guajolote autóctono macho

	Peso vivo	Ganancia de peso	Consumo de alimento	Conversión alimenticia
Color (10 semanas de edad)	7.0%	13.6%	6.8%	5.3%
Color (20 semanas de edad)	11.5%	8.0%	11.0%	4.8%
Color (30 semanas de edad)	7.4%	6.5%	4.0%	17.4%

En el Cuadro 10 se puede observar que la mayoría de las características productivas evaluadas muestran correlaciones moderadas con la coloración del plumaje, sin embargo para el consumo de alimento en la semana 30 de edad la correlación entre esta característica y el color del plumaje es baja, al igual que para la conversión alimenticia en la semana 10 y 20 de edad. Por otra parte la conversión alimenticia en la semana 30 presentó una correlación alta con el color del plumaje.

8. CONCLUSIONES

Para aspectos de producción y peso de huevo, el color del plumaje de las guajolotas autóctonas, sugiere ser un indicador para la selección de individuos con potencial genético y expresar una mayor productividad en la meleagricultura. En este sentido, los fenotipos de color gris serían los elegibles para esta función.

En relación a los indicadores de velocidad de crecimiento el dimorfismo sexual específicamente en lo relacionado con las hembras, no es posible encontrar un indicador que determine la pauta a seleccionar individuos con potencial genético que se diferencie por su color de plumaje entre la población de hembras.

Para el caso de los guajolotes autóctonos machos, existen más evidencias de que los indicadores de velocidad de crecimiento de acuerdo al color del plumaje, pueden ser un potencial referente para la selección de los mejores individuos, entorno a la velocidad de crecimiento y todo parece sugerir que los fenotipos negro y gris son los más aptos para ser seleccionados y reproducidos, bajo condiciones de confinamiento total y alimentados *ad libitum*, y bajo un esquema de alimentación en dos fases; la primera con alimento al 22% de proteína cruda durante las primeras 10 semanas de vida y en la segunda etapa con 16% de proteína cruda, a partir de la onceava semana de vida.

9. LITERATURA CITADA

- Adekunle O.A.; Oladele O.I.; y Olukauyeja T.D. 2002. Indigenous control methods for pests and diseases of cattle in Northern Nigeria. *Livestock Research for Rural Development*, 14 (2). <http://www.lrrd.org/lrrd14/2/adek142.htm>
- Andrade Y.V.; Ramírez A.; Ankuash M.; Torres V.; Vargas J.C.; Lima O. R.; Quinteros O.; Pérez B.A. y Andrade Y.S. 2016. Evaluación de dos fenotipos de pollos camperos en un sistema semi-intensivo con pastoreo en *Arachis pintoi* en la amazonia ecuatoriana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 8: 20-23
- Ángel H.A.; Morales F.S.; Carrillo R.J.C.; Rodríguez O.G.; Villegas A.Y. y Jerez S.M.P. 2014. Historia, domesticación y situación actual del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) en México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 1(2): 132-143.
- Aquino R.E.; Arroyo L.A.; Torres H.G.; Riestra D.D.; Gallardo L.F. y López. Y.B.A. 2003. El guajolote criollo (*Meleagris gallipavo* L.) y la ganadería familiar en la zona centro del estado de Veracruz. *Técnica Pecuaria en México* 41(2): 165–173.
- Armijos R.J.O. 2011. Evaluación productiva de diferentes estirpes de gallinas criollas, en un sistema de crianza semi-intensivo en la finca la Argelia de la Universidad Nacional de Loja”. Tesis de Grado previa a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5418/1/EVALUACI%C3%93N%20PRODUCTIVA%20DE%20DIFERENTES%20ESTIRPES%20DE.pdf>

- Becerril C.A. 2000. Los animales en la cultura prehispánica. Primera jornada de la Historia de la Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM-México: 25-30.
- Bed'hom B.; Mohsen V.; Coville G.; Gourichon D.; Chastel O.; Follett L.; Burke T. y Minvielle F. 2012. The lavender plumage color in Japanese quail is associated with a complex mutation in the region of MLPH that is related to differences in growth, feed consumption and body temperature. BMC Genomics, 13: 442.
- Calderón A.H.; E. Lozano y E. Vega. 2002. Performance del pavo criollo sometido a confinamiento y engorde. Asociación Peruana de Producción Animal. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, p. 23-58.
- Camacho E.M.A.; Hernández S.V.M.A.; Ramírez C.I.; Sánchez B. y Arroyo L. J. 2008. Characterization of backyard turkeys (*Meleagris gallopavo gallopavo*) in tropical zones of Mexico. Livestock Research for Rural Development. 20 (50). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd20/4/cama20050.htm>.
- Camacho E.M.A.; Ramírez C.L.; Hernández S.V.; Arroyo L.J.; Sánchez B.E.I. y Magaña S.H.F. 2009. Guajolotes de traspatio en el trópico de México: 2. Alimentación, sanidad y medicina etnoveterinaria. Instituto de Industrias. Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido; Oaxaca, México. http://bibliotecas.umar.mx/publicaciones_profesores.html
- Camacho E.M.A.; Ramírez C.L.; Lira T.I. y Hernández S.V. 2008a. Phenotypic characterization of the turkey (*Meleagris gallopavo gallopavo*) in Mexico. Animal Genetic Resources Information, 43: 59-66.

- Canul S.M.; Sierra V.A.; Mena D.O.; Ortiz O.J.; Zamora B.R. y Durán S.L. 2011. Caracterización del sistema de explotación del *Meleagris gallopavo* en el centro y sur de Yucatán, México. Descripción del Estándar Racial del pavo local (*Meleagris Gallopavo*). Resultados Preliminares. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, 1: 288-291. Fecha de consulta: 3/10/2015 http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2011/Canul2011_1_288_291.pdf
- Chassin N.O.; López Z.R.; Cano C.H.; Suárez C.E.; Juárez C.A. y Zavala-Paramo M.G. 2005. Diversidad y similitud genética entre poblaciones mexicanas utilizando un método de amplificación aleatorio de ADN polifórmico (RAPD). Técnica Pecuaria de México, 43 (3): 415-424.
- Cohen J. 1977. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New York: Academy Press.
- Estrada M.A. 2014. Estudio de la diversidad genética y manejo tradicional del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) del centro de México. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de: Doctor en ciencias. Colegio de postgraduados. México, p. 26-45. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/2511/4/Estrada_Mora_A_DC_Ganaderia_2014.pdf
- Falconer D.S. y Mackay T.F.C. 2001. Introducción a la genética cuantitativa. 1a ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. Word watch list for domestic animal diversity. Second ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome, Italy, p. 769.

- Financiera Rural. 2012. Monografía del Guajolote o Pavo. México, p. 1-15.
- Flannery K.V. 1967. Vertebrate fauna and hunting patterns. In: DS. Byers, editor. Prehistory of Tehuacan Valley, Vol. 1 Environment and Subsistence. University of Texas Press, Austin, p. 132-177.
- Guidobono L. 1985. Valoración morfológica y funcional del pavo. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. p. 202
- Gutiérrez M.A.; Segura J.C.; López L.; Santos J.; Santos R. H.; Sarmiento, L.; Carvajal M. y Molina G. 2007. Características de la avicultura de traspatio en el municipio de Tetiz, Yucatán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 7(3), p. 217-224.
- Hakan I.; Sogut B.; Sengul T.; Sengul A. Y. y Resit M. 2015 .Comparison of fattening performance, carcass characteristics, and egg quality characteristics of Japanese quails with different feather colors. Revista Brasileira de Zootecnia, 44 (11): 390-396. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v44n11/1516-3598-rbz-44-11-00390.pdf>
- Hawes R.O. 2007. The peritous state of turkey varieties in the united states. American livestock breeds conservancy. www.albc.org.us
- Herrera H.J.G. y Barrera S.A. 2000. Manual de procedimientos: análisis estadístico de experimentos pecuarios (utilizando el programa SAS). México, p. 87-89.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2010. Los municipios de México. Tarímbaro, Michoacán. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/consulta_localidades.aspx

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2016. Sectores económicos: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

Jacob J. 2015. Poultry Genetics For Small and Backyard Flocks: An Introduction. Consultado febrero 2017. En línea: <http://articles.extension.org/pages/65363/poultry-genetics-for-small-and-backyard-flocks:-an-introduction>

Juárez A. y Gutiérrez E. 2009. Control de cloquez y comportamiento productivo de guajolotas criollas. *Avances en investigación agropecuaria*. 13(1): 45-58

Juárez A.C. y Fraga L.M. 2002. Nota preliminar de indicadores productivos de pavos mexicanos en condiciones de confinamiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36 (1): 65-68.

Juárez C.A. 2004. Effect of the body weight on the yield of muscular mass in the native Mexican turkey. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 38 (4): 397-401.

Juárez C.A., Gutiérrez V.E., Pérez S.R.E.; Román B.R.M. y Ortiz R.R. 2011. Evaluación física de la calidad externa e interna del huevo de pavas nativas (*Meleagris gallipavo g.*). *Revista Científica*, vol. XXI (6): 524-532.

Lara L.L.H.; Merino G.C.; Gonzáles Q.J.; Sánchez R.J.F. y Juárez C.A. 2003. Diagnóstico de la avicultura familiar en el municipio de Penjamillo, Michoacán. Memoria XIV Encuentro de Investigación Veterinaria y Producción Animal. 1-3 de Diciembre 2003. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México, p. 197-194

- López Z.R.; Cano C.H.; Monterrubio R.T.C.; Chassin N.O.; Aguilera R.U. y Zavala P.M.G. 2008a. Características morfológicas y de producción de guajolotes (*Meleagris gallopavo*) criados en sistema de traspatio en el estado de Michoacán, México. Livestock Research for Rural Development, 20 (5). <http://www.lrrd.org/lrrd20/5/lope20068.htm>
- López Z.R.; Monterrubio R.T.C.; Cano C.H.; Chassin N.O.; Aguilera R.U. y Zavala P.M.G. 2008. Caracterización de sistemas de producción del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) de traspatio en las regiones fisiográficas del estado de Michoacán, México Estructura corporal del guajolote. Técnica Pecuaria de México, 46 (3): 303-316.
- Mallia J. G. 1998. Indigenous domestic turkeys of Oaxaca and Quintana Roo, Mexico. Animal Genetic Resources Information (23): 69-78.
- Medrano, J. A. 2000. Recursos animales locales del centro de México. Archivos de Zootecnia, 49: 385-390.
- Mérat P.; Bordas A. y Coquerelle G. 1979. The relationship of several genes suppressing plumage colour with body weight, food intake and feather loss of laying hens. British Poultry Science, 20: 587–594.
- Minvielle F.; Bed'hom B.; Coville J.L.; Ito S.; Inoue-Murayama M. y Gourichon D. 2010. The “silver” Japanese quail and the MITF gene: causal mutation, associated traits and homology with the “blue” chicken plumage. BMC Genetics, 11: 15.
- Minvielle F.; Cecchi T.; Passamonti P.; Gourichon D. y Renieri C. 2009. Plumage color mutations and melanins in the feathers of the Japanese quail: a first comparison. Animal Genetics, 40: 971-974.

- Minvielle F.; Gourichon D. y Moussu, C. 2005. Two new plumagemutations in the Japanese quail: “curly” feather and “rusty” plumage. BMC Genetics 6: 14.
- Minvielle F.; Gourichon D.; Ito S.; Inoue-Murayama M. y Rivie S. 2007. Effects of the dominant lethal yellow mutation on reproduction, growth, feed consumption, body temperature, and body composition of the Japanese quail. Poultry Science, 86: 1646-1650.
- Minvielle F.; Moussu C.; Rognon X.; Lumineau S. y Gourichon D. 2006. Development of an experimental hybrid quail population (*Coturnix japonica* x *Coturnix coturnix*): the F2 generation. Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, BeloHorizonte.
- Moncada J.J.; Solera H.A.; y Salazar R.W. 2002. Fuentes de varianza e índices de varianza explicada en las ciencias del movimiento humano. Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud ®, 2 (2):70-74.
- National Research Council. 1991. Microlivestock: little known animals with a promising economic future. National Academy of Sciences, USA.
<http://www.nap.edu/openbook/030904295x/html/156.html>
- Nestor K.E. y Renner P.A. 1979. Genetics of growth and reproduction in the turkey. 6. influence of plumage color pattern genes on mortality, body weight, and egg and semen production. Poultry Science, 58:1137-1142.
<http://ps.oxfordjournals.org/content/58/5/1137.full.pdf>
- Ortiz R.R.; Pérez S.R.E.; Juárez C.A. y Gómez R.B. 2015. Teoría de sistemas en la producción animal. Prainted in México. Michoacán, México, p. 11-55.
- Pacheco V.H. 2012. Comportamiento productivo de guajolotes nativos (*Meleagris gallopavo gallopavo*) alimentados con ensilaje ácido de pez diablo

(*Pterygoplichthys disjunctivus*) en sustitución de la harina de soya. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México, p. 23-38.

Pérez L.E.; Camacho E.M.A.; García L.J.C.; Machorro S.S.; Ávila-S. N. Y. y Arroyo L.J. 2013. Mathematical modeling of the native Mexican turkey's growth. Open Journal of Animal Sciences, 3 (4): 305-310.

Petek M.; Ozen Y. y Karakas E. 2004. Effects of recessive white plumage color mutation on hatchability and growth of quail hatched from breeders of different ages. British Poultry Science 45: 769-774.

Sañudo A.C. 2009. Valoración morfológica de los animales domésticos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, p. 146-153.

Sarı M.; Işık S.; Önk K.; Tilki M. y Kırmızıbayrak T. 2012. Effects of layer age and different plumage colors on external and internal egg quality characteristics in Japanese quails (*Coturnix japonica*). Arch.Geflügelk., 76 (4): 254–258.

Sarker R.N.; Hoque A.; Faruque S.; Islam N.; Haque B.F. 2014. An ex situ study on body characteristics and effect of plumage color on body weight of indigenous chicken (*Gallus domesticus*) in Bangladesh. Acta Scientiarum, Animal Sciences, 36 (1): 79-84.

Schorger A.W. 1993. The wild turkey: Its history and domestication. Norman editors. Oklahoma, USA. University Oklahoma.

Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Lista, producción de pavo para temporada navideña: Sistema de Información

Agroalimentaria y Pesquera.

<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2010B569.aspx>.

Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2006. Producción, precio, valor, animales sacrificados y peso en pie y canal. Michoacán. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Somes R.G. 1988. International Registry of Poultry Genetic Stocks. Storrs Agricultural Experiment Station, p. 40-41.
<http://digitalcommons.uconn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1028&context=saes>

Takayanagi Y.; Matsumoto H.; Nakata M.; Mera T.; Fukusumi S.; Hinuma S.; Ueta Y.; Yada T.; Leng G y Onaka T. 2008. Endogenous prolactin-releasing peptide regulates food intake in rodents. *The Journal of Clinical Investigation*, 118: 4014–4024.

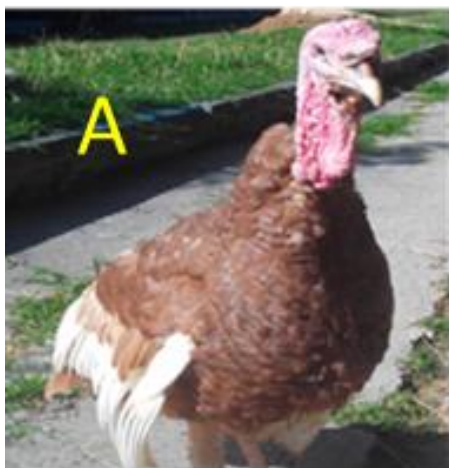
Valadez R. 2003. Domesticación y zootecnia en el México antiguo. *Animales en el México Prehispánico*, 3(4): 32-45.

Villamar L. y H. Guzmán. 2007. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de guajolote (pavo) en México 2006. *Claridades Agropecuarias*, 161: 3-37.

Von Hessel K. 1970. Producción comercial de pavos broiler. *Acribia*, Zaragoza, España, p. 12-38.

Yılmaz A. y Çağlayan T. 2008. Farklı tüy rengine sahip Japon bıldırcınlarında (*Coturnix japonica*) yumurta ağırlığı, şekil indeksi ve çıkım ağırlığı ile bu özellikler arası ilişkiler. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 22 (1): 5-8.

10. ANEXOS



Anexo 1. Guajolote autóctono macho con diferente coloración del plumaje (A= rojo, B= negro, C= gris, D= blanco)

CARACTERIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL COLOR DEL PLUMAJE DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) Y SUS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN UN SISTEMA CONFINADO



Anexo 2. Guajolote autóctono hembra con diferente coloración del plumaje (A= blanco, B= gris, C= rojo, D= negro)