



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y MANEJO TRADICIONAL DEL GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) DEL CENTRO DE MÉXICO

ALEJANDRO ESTRADA MORA

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2014



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe ALEJANDRO ESTRADA MORA, alumno de esta Institución estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. José Luis Alcántara Carbajal por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Estudio de la diversidad genética y manejo tradicional del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) del centro de México y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 30 de Noviembre de 2014

Alejandro Estrada Mora

Vó. Bo. del Consejero y director de tesis
Dr. José Luis Alcántara Carbajal

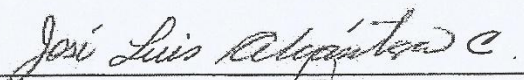
La presente tesis, titulada: **Estudio de la diversidad genética y manejo tradicional del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) del centro de México**; realizada por el alumno: **Alejandro Estrada Mora**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

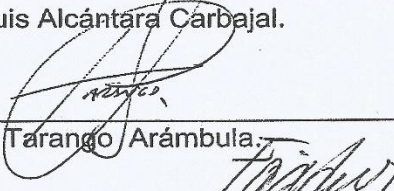
**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

CONSEJO PARTICULAR

Consejero


Dr. José Luis Alcántara Carbajal.

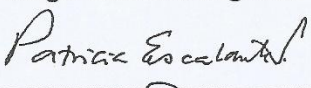
Asesor


Dr. Luis A. Tarango Arámbula.


Asesor


Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Asesor


Dra. Patricia Escalante Pliego.

Asesor


Dr. Obdulia L. Segura León.

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 30 Noviembre 2014.

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y MANEJO TRADICIONAL DEL
GUAJOLOTE AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) DEL CENTRO DE MÉXICO.
Alejandro Estrada Mora, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2014

El guajolote autóctono de México es un recurso zoogenético de gran importancia al ser este país su centro de origen y domesticación. Para conocer más acerca de su situación se planteó investigar en localidades indígenas del centro de México sus características genéticas y de manejo. En el ámbito genético se estudió el fenotipo, caracterizando variables morfológicas, como son, mediciones de tarso, cuerda alar, pico, cola y masa corporal, creando un modelo respecto a los factores plumaje, pigmento de tarso y localidad para un análisis de regresión mediante GLM y un análisis estadístico multivariado de componentes principales; para el genotipo se valoraron dos genes mitocondriales D-Loop y COI dentro y entre poblaciones de guajolote autóctono y fueron comparadas con las de individuos híbridos comerciales y silvestres obteniendo secuencias de los dos genes de 42 individuos, las cuáles se ensamblaron y alinearon con lo que se detectaron los niveles de polimorfismo de cada uno de los genes. Respecto al manejo se aplicó una encuesta teniendo como instrumento un cuestionario (n=65) obteniendo información en la que se llevó a cabo un análisis de correspondencia, tablas de contingencia IxJ, prueba de Chi cuadrada y pruebas no paramétricas como medidas de asociación. Los resultados muestran que la longitud de tarso y el peso explican la variabilidad tanto en las hembras como en los machos de acuerdo al análisis de CP, mientras que, las diferencias como resultado del análisis de GLM no son suficientes para discriminar grupos o variedades; sin embargo, las características peculiares en la diversidad del plumaje que comparte con el guajolote mesoamericano y que lo distingue de otras poblaciones de guajolote doméstico, podría hacerlo susceptible para proponerlo como variedad, raza o ecotipo; el citocromo oxidasa I (COI) no es informativo en tanto que el gen D-Loop, presentó polimorfismo dentro y entre las poblaciones; la reconstrucción de la filogenia señala que los guajolotes autóctonos de México conservan información genética, de la cual derivan las subpoblaciones de otras regiones; el manejo en alimentación, confinamiento y uso manifiesta coincidencias; no existe asociación en el tipo de enfermedades que les afectan y en la supervivencia de los guajolotes.

Palabras clave: guajolote autóctono, indígenas, manejo, morfología, D-Loop, COI

STUDY OF GENETIC DIVERSITY AND AUTOCHTHONOUS TURKEY (*Meleagris gallopavo*) TRADITIONAL HANDLING IN CENTRAL MEXICO

By Doctor Alejandro Estrada Mora

Colegio de Postgraduados, 2014

The Mexican autochthonous turkey is a very important animal genetic resource since Mexico is its centre of origin and domestication. In order to know more about its situation, a research on its genetic characteristics and handling was therefore carried out in indigenous communities of Central Mexico. In the field of Genetics, the phenotype was studied by characterising morphological variables, such as tarsus, wing chord, beak, tail and body mass measurements in order to create a model regarding plumage, tarsus pigment and location so a regression analysis by means of GLM and a multivariate statistical analysis of main components could be both performed. For genotype two mitochondrial genes D-Loop and COI within and among populations of indigenous turkeys were evaluated and were compared with those of commercial hybrid and wild individuals obtaining sequences of the two genes of 42 individuals, which were assembled and aligned with what polymorphism levels of each of the genes were detected. Regarding handling of turkeys, a survey was conducted by means of a questionnaire (n=65) to obtain information that was studied by a correspondence analysis, an IxJ contingency table, a chi-squared test and nonparametric tests as measures of association. The results show that the weight and tarsus length explain the variability in both females and males according to the analysis of CP while differences result GLM analysis are insufficient to discriminate groups or varieties, however peculiar plumage in diversity shared with the Mesoamerican turkey and distinguishes it from other domestic turkey populations could make it susceptible to propose it as variety, race or ecotype; cytochrome oxidase I (COI) is not informative while the D-Loop gene, presented polymorphism within and among populations; reconstructing the phylogeny indicates that the native turkeys in Mexico retain genetic information, which subpopulations derived from other regions; feeding, confinement and usage management show some coincidences. Finally, there is no relation regarding the type of diseases or the survival that affect them.

Key words: autochthonous turkey, handling, morphology, D-Loop, COI.

Mi agradecimiento a:

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo,
con el deseo que sigan impulsando la educación laica, gratuita y de alta calidad,
requisito indispensable para el desarrollo equitativo de México.

Los miembros de mi Consejo Particular:

Dr. José Luis Alcántara Carbajal.

Dra. Patricia Escalante Pliego.

Dra. Obdulia L. Segura León.

Dr. Jorge Cadena Íñiguez.

Dr. Luis A. Tarango Arámbula.

LPI-5 Biotecnología microbiana, vegetal y animal a través de la Dra. Obdulia L. Segura.

LPI-13 Comunidades rurales agrarias, ejidos y conocimiento local a través del Dr. Jorge
Cadena Íñiguez.

Al Instituto de Biología de la U.N.A.M.-Laboratorio de Genética de la Conservación a
través de la Dra. Patricia Escalante Pliego, M.C. Noemí Matías F. y de Biól. Patricia
Rosas E.

Alberto Guerrero, por su conocimiento y apoyo siempre amable en la U.M.A. “El
Gauro”, Sierra Fría.

M.C. Alfredo Garza †, donde estés, gracias por tu profesionalismo y alegría.

A los criadores del guajolote autóctono protagonistas de la conservación.

Lic. Julián Flores R. por su apoyo a través de la granja Chihuahua.

“... quien comparte la confianza y el respeto de creer y alimentar con inteligencia un
proyecto común...Sabrina”.

“... Gabriel y Andrés por cada día recordarme felizmente el misterio de existir”.

“...el espíritu que ha nutrido mi esencia con su lucha hermosamente cotidiana, en el
ámbito profesional y familiar... fortaleza que me abraza y me libera...mi madre”.

“...mis hermanas, mis amigas, mis amigos, mis hermanos”.

CONTENIDO

	Página
I INTRODUCCIÓN GENERAL	1
II JUSTIFICACIÓN	2
III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
IV HIPÓTESIS.....	3
V OBJETIVOS	3
VI LITERATURA CITADA	4
CAPÍTULO 1	
La crianza del guajolote en las comunidades indígenas de la región Centro de México	5
1.1 Introducción.....	7
1.2 Materiales y métodos.....	9
1.3 Resultados y discusión.....	12
1.4 Conclusiones.....	22
1.5 Literatura citada.....	22
CAPÍTULO 2	
Valoración morfológica de las poblaciones de guajolote autóctono del Centro de México.....	26
2.1 Introducción.....	27
2.2 Materiales y métodos.....	30
2.3 Resultados y discusión.....	34
2.4 Conclusiones.....	44
2.5 Literatura citada.....	45
CAPÍTULO 3	
Valoración de los genes mitocondriales D-loop y COI para caracterizar la diversidad genética del guajolote autóctono (<i>Meleagris gallopavo</i>) de la región Centro de México	50
3.1 Introducción.....	50
3.2 Materiales y métodos.....	54
3.3 Resultados y discusión.....	58
3.4 Conclusiones.....	64
3.5 Literatura citada.....	64

CONCLUSIONES GENERALES.....	68
-----------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

	Página
Distribución histórica del pavo silvestre en Norteamérica.....	8
Localización de las regiones de estudio del guajolote autóctono (<i>Meleagris gallopavo</i>) en el estado de Puebla, México.....	10
Cuestionario aplicado a los criadores de guajolote autóctono (<i>Meleagris gallopavo</i>) sobre sus prácticas de manejo, en el estado de Puebla, México, con claves de respuesta.....	12
Porcentajes de tipo de alimentación en guajolotes adultos de cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.....	13
Análisis de correspondencia: pregunta A.....	14
Porcentajes en alimentación para pavitos en cinco localidades del estado de Puebla, México.....	14
Análisis de correspondencia: pregunta B.....	15
Porcentajes de confinamiento en guajolote autóctono en cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.....	16
Porcentajes de lugar de nacimiento de los guajolotes autóctonos en cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.....	17
Análisis de correspondencia pregunta G.....	17
Análisis de correspondencia pregunta I.....	18
Análisis de correspondencia pregunta H.....	19
Análisis de correspondencia: pregunta J.....	20
Análisis de correspondencia pregunta L.....	21
Variables y factores considerados para el GLM.....	30
Localización de las regiones de estudio.....	31
Morfometría: medición de tarso, cuerda alar, cola y pico de guajolotes autóctonos (<i>Meleagris gallopavo</i>) de cinco localidades	

indígenas del estado de Puebla, México.....	33
Resultado del GLM para las variables con diferencias significativas en hembras: 2 factores.....	35
Resultado del GLM para las variables con diferencias significativas en Machos: 3 factores.....	37
Matriz de correlación autovectores: hembras.....	38
Autovectores correspondientes a cada una de las variables: hembras.....	38
Gráfico componentes principales: hembras.....	39
Matriz de correlación autovectores: machos.....	40
Autovectores correspondientes a cada una de las variables: machos.....	41
Gráfico componentes principales: machos.....	41
Morfometría y frecuencias de plumaje en guajolotes autéctonos y silvestres.....	43
Sitios de colecta de guajolote autóctono, silvestre e híbrido comercial.....	55
Localización de las regiones de estudio para guajolote autóctono y silvestre.....	56
Sitios polimórficos y haplotipos generados en el gen D-loop en guajolotes autóctonos, silvestres e híbridos comerciales.....	59
Reconstrucción de la filogenia de <i>Meleagris gallopavo</i> , de la región control de la mitocondria con ML, modelo HKY y 500 repeticiones de Bootstrap	60
Inferencia de la filogenia de <i>Meleagris gallopavo</i> , de la región control de la mitocondria por haplotipos con ML con HKY+I (0.77).	61
Reconstrucción de la filogenia del gen COI para 20 secuencias de guajolotes autóctonos e híbridos comerciales.....	63

APÉNDICES

Apéndice A. Formato para el registro de características
morfológicas de guajolote autóctono (*M. gallopavo*) para

el estudio realizado en cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.....	48
--	----



Pavo macho. Kapola, Puebla

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO/UNEP (2000) los recursos zoogenéticos son todas las especies animales, razas/linajes, sus parientes silvestres o semidomesticados y las poblaciones usadas para la alimentación y la producción agrícola, son considerados una parte muy valiosa del patrimonio común y la misma organización los asume dentro de la biodiversidad en el sector ganadero, por lo que su diversidad genética es esencial para la seguridad alimentaria mundial, el desarrollo sostenible y el sustento de cientos de millones de personas. En la primera evaluación mundial de estos recursos se menciona que es posible identificar varias amenazas para esta diversidad genética y que probablemente la más importante es la marginación de los sistemas de producción tradicionales y de las razas locales asociadas, impulsada principalmente por la rápida dispersión de la producción ganadera intensiva, a menudo a gran escala, que utiliza una gama reducida de razas (FAO 2007).

El guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) es un recurso zoogenético cuya crianza es común en las comunidades indígenas de México las cuales se encuentran, por lo general, marginadas desde el punto de vista económico y geográfico; en ellas cumple distintas funciones: es un componente de distinción en las festividades, un mecanismo de ahorro (Estrada, 2006) y una fuente de proteínas de alta calidad (INEGI, 2000). Los atributos de estos guajolotes, fruto del trabajo de selección de generaciones, han sido poco estudiados (NRC, 1991) a pesar de que, potencialmente, poseen una carga genética con características adaptativas y de resistencia que se puede convertir en una fuente valiosa de genes para las poblaciones de guajolotes asociados a sistemas productivos altamente endogámicos que han perdido resistencia y otras características de interés pecuario (López *et al.* 2006). Dichas características se asume estén probablemente relacionadas con el ancestro silvestre del guajolote doméstico *Meleagris gallopavo gallopavo* que tuvo una distribución geográfica cercana a nuestros sitios de estudio y que se menciona extinto (Clements, 2009). Por ello, es importante conocer las ventajas comparativas que posee este recurso en lo referente a diversidad genética, siendo relevante caracterizarlo, específicamente en las zonas donde existe una gran diversidad, como las localidades indígenas (Boege, 2007). Dicha caracterización incluye

para este caso el fenotipo, el genotipo y el manejo para así coadyuvar en las estrategias de conservación y uso de este importante recurso zoogenético.

II. JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó, las comunidades indígenas de México se ubican en áreas con muy alta diversidad biológica, y se considera que el conocimiento que tienen estos grupos humanos de sus entornos acerca del manejo de plantas y animales impacta en la conservación y generación de la diversidad genética *in situ* (ONU-FAO, 1996). La alarmante desaparición de los recursos zoogenéticos hace imperativa la investigación y conservación de las razas domésticas autóctonas, en este caso del guajolote doméstico del Centro de México, por su valor potencial como posible reservorio de diversidad genética original y de las prácticas culturales que llevaron a su domesticación. Por consiguiente, es importante caracterizar el manejo y con ello el conocimiento que poseen los criadores del guajolote autóctono así como la diversidad genética y fenotípica a través del registro de datos morfológicos y moleculares que permitan identificar claramente esta variedad del *Meleagris gallopavo* y, dada la preponderancia que tiene la producción de guajolote autóctono en los traspatios a nivel nacional —el estado de Puebla ocupa los primeros sitios en este rubro— (Villamar y Guzmán, 2007), la relevancia de estos estudios, de acuerdo con la FAO (2010) es ser un elemento fundamental para crear estrategias de conservación y programas de desarrollo.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, se asume que el guajolote doméstico descende del guajolote silvestre del sur de México (*Meleagris g. gallopavo*) aunque algunos autores como Speller *et al.* (2010) han aportado evidencia de centros secundarios de domesticación a partir de otras subespecies. Asimismo, todo parece indicar que tal subespecie nominal del guajolote se ha extinguido en su estado silvestre, lo cual hace más difícil indagar sobre su origen, relaciones filogenéticas y establecer el estado actual del guajolote doméstico. Considerando la importancia de las comunidades indígenas en la región Centro de México como probables herederos de los mecanismos de crianza responsables de la conservación de la diversidad del guajolote autóctono a continuación enumeramos las preguntas de investigación que guiaron este trabajo.

1. ¿Existen diferencias importantes en la forma de crianza del guajolote del Centro de México, de acuerdo al origen étnico de los criadores?
2. ¿Hay diferentes razas o tipos de guajolotes domésticos autóctonos en el Centro de México, de acuerdo a las condiciones agroecológicas de los pueblos originarios que los crían?
3. ¿Cuál es la diversidad genética del guajolote doméstico autóctono del Centro de México y cuál su relación con el guajolote silvestre mesoamericano?

IV. HIPÓTESIS

El guajolote autóctono criado en las comunidades indígenas del Centro de México posee diferencias genotípicas y morfológicas de acuerdo al grupo étnico y al entorno agroecológico que lo hace diverso y lo relaciona con el guajolote Mesoamericano.

V. OBJETIVOS

General

Caracterizar las prácticas de crianza tradicional, así como la diversidad fenotípica y genotípica del guajolote autóctono del Centro de México.

Particulares

1. Contrastar el sistema de crianza del guajolote doméstico de cinco pueblos originarios del estado de Puebla, con énfasis particular en sanidad, reproducción, confinamiento, alimentación y uso de esta ave.
2. Caracterizar fenotípicamente y documentar diferencias morfológicas del guajolote doméstico autóctono de cinco localidades indígenas del Centro de México con diferentes condiciones ecológicas.
3. Generar la evidencia genética que permita tipificar la diversidad y filogenia del guajolote autóctono del Centro de México y su relación con otros tipos de guajolotes (industrial y subespecies silvestres, incluyendo la “mesoamericana”).

VI. LITERATURA CITADA

- Boege, S., E. 2007. Territorios y diversidad biológica: la agrobiodiversidad de los pueblos indígenas de México. Capítulo VII. *In: Biodiversidad y Conocimiento Tradicional en la Sociedad Rural: entre el bien común y la propiedad privada.* Luciano Concheiro Bórquez., Francisco López Bárcenas (Comps.). México, Febrero 2007. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Cámara de diputados, LX legislatura en convenio con la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. pp: 247-308.
- Clements, J. F., T. S. Schulenberg., M. J. Iliff., B.L. Sullivan, and C. L.Wood. 2009. The Clements checklist of birds of the world: Version 6.4
- Estrada, M. A. 2006. El conocimiento local en la cría de pavos. Capítulo 4. Uso de los recursos zoogenéticos: los pavos. Fomento editorial. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp.42-43.
- Food and Agriculture Organization and United Nations Environment Programme (FAO/UNEP). 2000. World watch list for domestic animal diversity. 3rd edition. Ed. Beate D. Scherf. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, 726 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura-resumen. Editado por Dafydd Pilling y Bárbara Rischkowsky. Roma. 43p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Editado por Dafydd Pilling y Bárbara Rischkowsky. Roma. pp. 123-129.[Consultada 28 Julio 2011. (<http://www.fao.org/docrep/011/a1250s/a1250s00.htm> (traducción de la versión original en inglés, 2007)]
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. El Sector Alimentario en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

López Z., R., H. Cano C., O. Chassin N., M. G. Zavala P. 2006. Estudios moleculares del genoma del guajolote mexicano (*Meleagris gallopavo gallopavo*). Capítulo 8. In: Uso de los recursos zoogenéticos: los pavos. J. Santos Hernández Zepeda, Roberto Reséndiz Martínez (Eds). Fomento editorial. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. pp. 89-102.

Nacional Research Council (NRC).1991. Turkey. Microlivestock: Little-Known Small Animals with a Promising Economic Future. Washington, DC: National Academies Press 12: 157-166.

ONU-FAO. 1996. Declaración de Leipzig. In: Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 75 p.

Villamar A., L., H. Guzmán V. 2007. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de guajolote (pavo) en México 2006. In: Claridades Agropecuarias. Jose Luis Gallardo Nieto (Comps). Enero. Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria, órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. pp. 3-37.

CAPÍTULO I

La crianza del guajolote (*Meleagris gallopavo*) en comunidades indígenas de la región Centro de México.

Resumen

Las comunidades indígenas de México poseen conocimientos que han demostrado ser una estrategia contundente de sobrevivencia a través de siglos de marginación. El guajolote (*Meleagris gallopavo*) ocupa, en ellas, un lugar relevante al ser México su centro de origen y domesticación y prevalecer en nuestros días como un mecanismo de distinción, de ahorro y fuente de proteína de alta calidad. El conocimiento de la crianza de *Meleagris gallopavo* entre las comunidades indígenas mazateca, nahua, totonaca y popoloca del estado de Puebla en alimentación, confinamiento y uso manifiesta coincidencias de acuerdo al análisis de correspondencia (Valores de Chi-

cuadrado>0.05); diferencias en el tipo de enfermedades que les afectan y en la supervivencia de los guajolotes (valores de Chi-cuadrado<0.05). La crianza de guajolote autóctono actual en estas comunidades bajo condiciones no tecnificadas desde el punto de vista zootécnico, preserva poblaciones de guajolote con atributos relevantes desde el punto de vista reproductivo, de resistencia a enfermedades y de aprovechamiento de productos del entorno local como componentes de su dieta. La sistematización de estos conocimientos e incentivar la preservación de esta variedad de guajolote es preponderante cuando la tendencia global de la crianza de estas aves es a través de líneas híbridas comerciales, patentadas, dependientes de una sofisticada infraestructura que se traduce en altos costos en términos económicos y de erosión genética para su explotación.

Palabras clave: guajolote, autóctono, indígenas, crianza

Abstract

Indigenous communities in Mexico have some knowledge that has been shown to be a cogent strategy for survival throughout many centuries of marginalisation. Inside these communities, turkeys (*Meleagris gallopavo*) are listed prominently as they are their centre of origin and domestication; turkeys have prevailed upon our days as a mechanism of distinctiveness and savings and as a high-quality source of protein. Knowledge of *Meleagris gallopavo* breeding among Mazatec, Nahuatl, Totonac and Popoluca communities in Puebla State regarding feeding, confinement and usage have shown some coincidences according to the correspondence analysis (Chi-square value >0.05) and some differences regarding the diseases that affect the turkey's survival (Chi-square value <0.05). Breeding of the present autochthonous turkey in such communities under non-technical conditions, from a zootechnical point of view, preserves turkey populations with relevant attributes from a reproductive approach, resistance to diseases and profitability of local produces as a part of their diet. The standardisation of such expertise and the boost of preservation of this turkey breed are a preponderant fact when the global trend for this poultry remains through patented hybrid commercial lines depending on a sophisticated infrastructure hence representing high costs in regards of economical terms and genetic erosion for their exploitation.

Key words: turkey, autochthonous, indigenous people, breeding

1.1 Introducción

Las comunidades indígenas de México se ubican en áreas con muy alta diversidad biológica, entre las que se incluyen especies y razas domesticadas (o semidomesticadas) relevantes (Boege, 2007). El conocimiento que tienen estos grupos humanos de sus entornos y acerca del manejo de plantas y animales impacta en la conservación y generación de la diversidad genética *in situ* (ONU-FAO,1996), involucrando muy probablemente mecanismos de selección que son dinámicos en el tiempo y el espacio que son tan antiguos como lo fue la domesticación de nuestra especie de interés: el guajolote (*Meleagris gallopavo*).

El guajolote doméstico tiene su centro de origen y de domesticación en México. A la llegada de los españoles, era un animal de uso común en las culturas existentes por lo que se asume que el conocimiento sobre la cría de esta ave es ancestral en aspectos como alimentación, sanidad, confinamiento y reproducción (Cruces, 2006).

Los atributos de los guajolotes de crianza local han sido muy poco estudiados (NRC, 1991). Speller *et al.* (2009) enfatizan que para entender y clarificar el origen de los actuales pavos domésticos se tendrían que estudiar a los guajolotes autóctonos o nativos. Si bien este autor se refiere a la necesidad de profundizar en el estudio de las aves por sí mismas, estas se encuentran bajo el cuidado y manejo de quien los cría, que son las comunidades indígenas y muy probablemente, la marginación de estos grupos del resto de la sociedad mexicana y el aislamiento implícito de las especies animales y vegetales que poseen, sea uno de los factores preponderantes de las características biológicas de estos animales. Las comunidades indígenas del estado de Puebla, México, y específicamente las etnias totonaca, nahua, popoloca y mazateca, no escapan a esta situación, por lo que posiblemente estos pueblos conserven a una raza de guajolote doméstico con una relación más cercana a su ancestro silvestre y, por ende, el conocimiento de su manejo. Dada la importancia milenaria que ha tenido esta ave y su relevancia en la actualidad como parte del acervo de recursos zoogenéticos de las comunidades indígenas es trascendente estudiar y conservar los conocimientos en dicha crianza.

El guajolote y su presencia en las comunidades indígenas de México

El *M. gallopavo* está dividido en seis subespecies: *M.g. silvestris*, *M.g. merriami*, *M. g. intermedia*, *M. g. osceola*, *M. g. gallopavo* y *M. g. mexicana*. Estas subespecies han sido nombradas y definidas de acuerdo a su distribución geográfica y a características físicas y ecológicas (Figura 1). Solo tres de esas subespecies (*M.g. intermedia*, *M.g. mexicana* y *M.g. gallopavo*) se distribuyen en México, sin embargo, la subespecie nominal (*M.g. gallopavo*), que se asume como el ancestro directo del actual guajolote doméstico, parece haberse extinguido de su área de distribución —Michoacán a Guerrero y Oaxaca, parte de la Meseta Central y Veracruz— (Leopold, 1977).

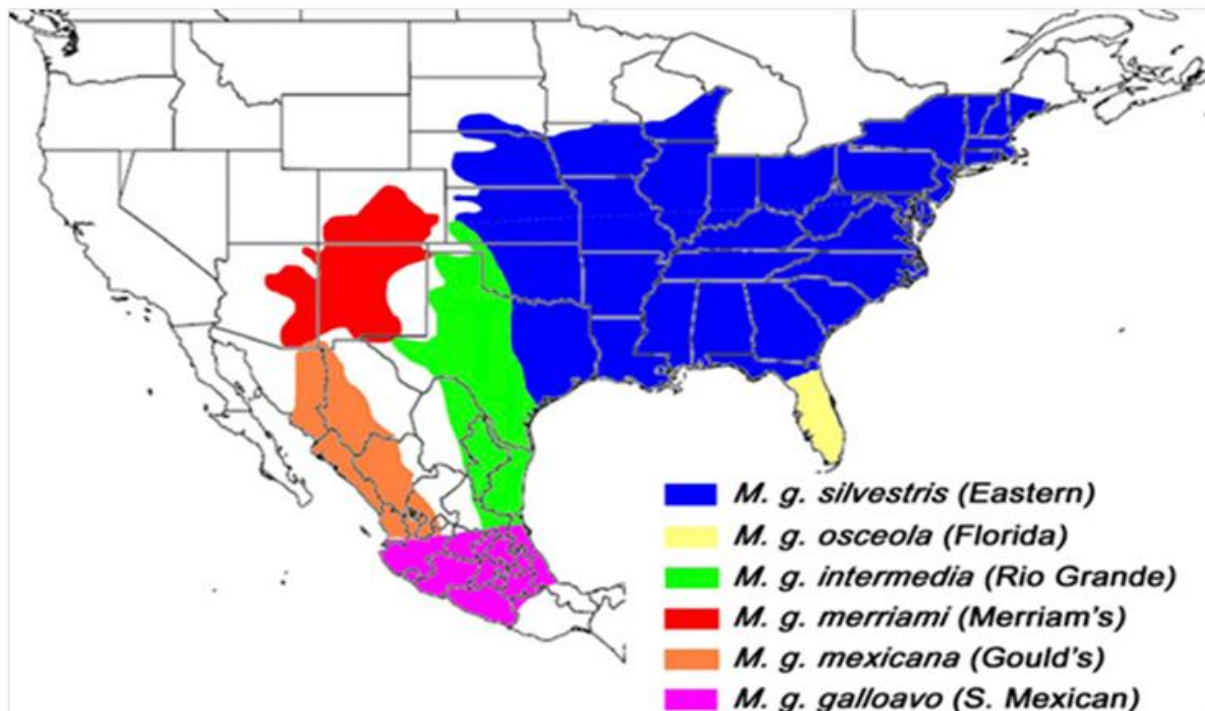


Figura 1. Distribución histórica del pavo silvestre en Norteamérica (Schorger, 1966).

Speller *et al.* (2009) sugieren que a pesar de su desaparición en vida libre, el pavo “mesoamericano” sobrevive hasta nuestros días como doméstico. Esta distribución histórica del Norte América y, específicamente en México, abarcó los territorios que en la actualidad corresponden a los estados de Jalisco, Michoacán, Colima, Guerrero,

Estado de México, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Guanajuato, Puebla, Veracruz y norte del estado de Oaxaca (Schorger, 1966). En dichas entidades han existido poblaciones indígenas ancestrales como mixtecos, nahuas, otomíes, popolocas, tepehuas, totonacas, nahuas, mazahuas, tlahuicas, matlatzincas, pames, chichimecas, huicholes, purépechas, amuzgos, tlapanecos, chochos, cuicatecos, triquis, tacuates y mazatecos (CDI, 2012). Si bien todos estos grupos seguramente tuvieron alguna interacción con esta ave de forma temprana, ya sea en su estado silvestre o doméstico en diferentes etapas de su historia como lo reportan, Carballo *et al.* (2011) y Novella (1996) para los grupos pertenecientes al estado de Tlaxcala y para las poblaciones indígenas del estado de Michoacán, respectivamente, las evidencias más antiguas de guajolotes domésticos corresponden al Preclásico en la Cuenca de México (Valadéz y Arrellín, 2000).

Actualmente, en las comunidades indígenas de México los guajolotes siguen teniendo un papel muy importante; por ejemplo, Neurath (2003) menciona que para los wixárikas la cría de guajolotes es importante tanto para la economía familiar como para el uso de plumas en ciertos trajes dentro de las festividades. Por su parte, Canul *et al.* (2011) afirman que para las mujeres mayas la cría de pavos en condiciones de traspatio representa un ingreso adicional importante en el 86% de los casos estudiados. Antonio *et al.* (2011) reportan la importancia de la avicultura campesina en la región Mixe, en el estado de Oaxaca, y resaltan la presencia de guajolote doméstico como la segunda especie, después de las gallinas, en importancia en las unidades de producción familiar. Existen investigaciones acerca de la avicultura indígena mexicana, como el trabajo de Camacho *et al.* (2011), los cuales estudiaron en grupos de mixes, zapotecos, chinantecos, chatinos, mixtecos y nahuas los mecanismos de crianza, cuidados, alimentación, reproducción y sanidad de aves domésticas, principalmente de guajolotes y gallinas.

1.2 Materiales y métodos

Región de estudio

La investigación se llevó a cabo en cinco comunidades indígenas del estado de Puebla: Zongozotla (Z) (tononacos), Los Reyes Metzontla (M) (popolocas), Buena Vista (BV) (mazatecos), Kapola (K) y Tlacotepec de Porfirio Díaz (T) (nahuas) (Figura 2), con el

propósito no solo de conocer la crianza del guajolote conforme a los distintos grupos étnicos si no también explorar si influyen los diversos nichos ecológicos (de regiones templadas a regiones áridas).

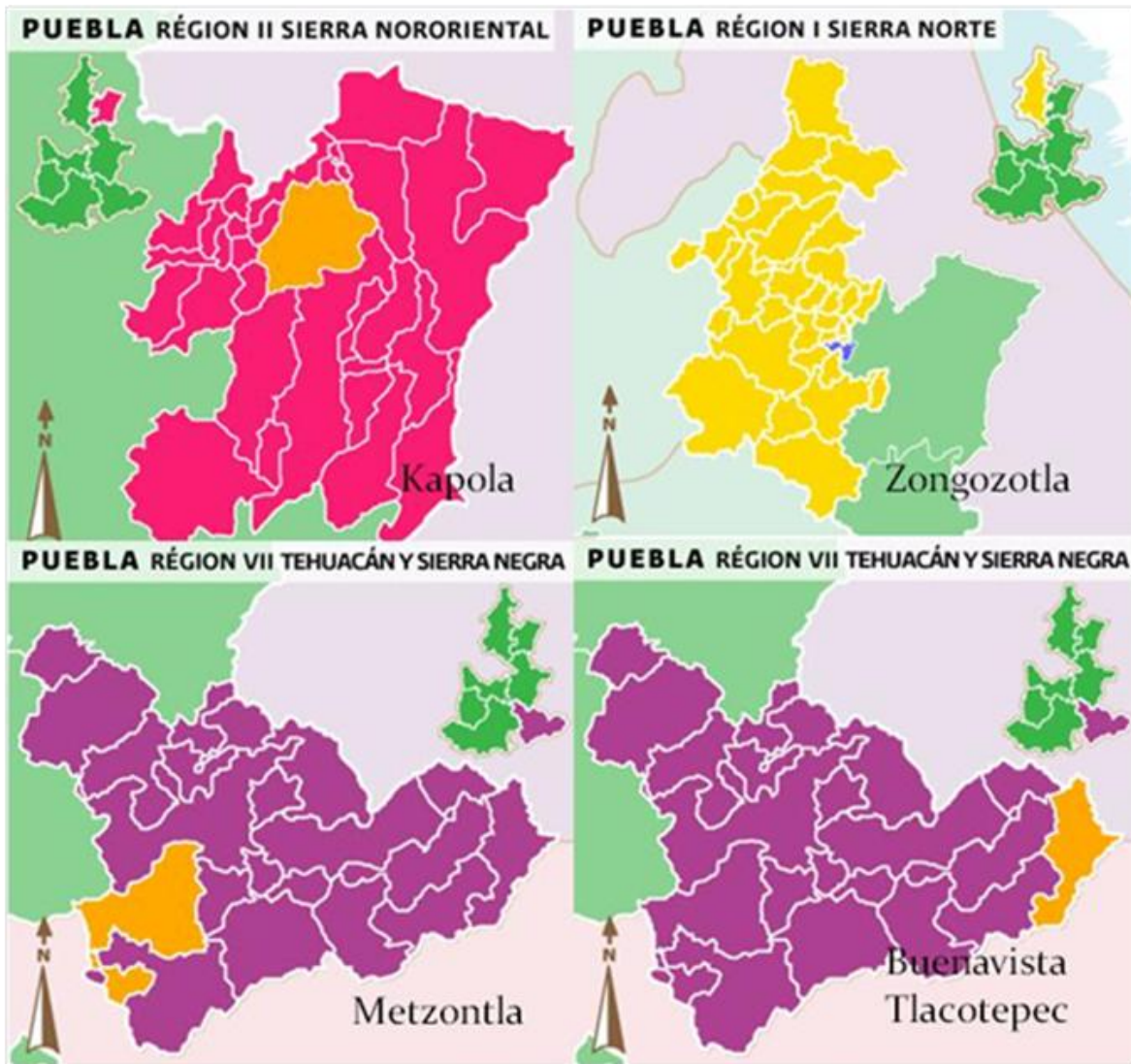


Figura 2. Localización de las regiones de estudio del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) en el estado de Puebla, México.

El municipio de Zongozotla se localiza en la parte norte del estado de Puebla; sus coordenadas geográficas son los paralelos 19°56'00" y 20°00'00" de latitud norte y los meridianos 97°38'54" y 97°46'36" de longitud occidental. Presenta una altura sobre el nivel del mar que oscila entre 720 y 2,300 metros. Presenta dos climas: en la región

meridional es templado húmedo con lluvias todo el año, mientras que en la región sudoriental y septentrional, es de tipo semicálido subhúmedo; la vegetación predominante incluye bosque mesófilo de montaña, asociaciones de bosques de pino, encino y ocote. Los Reyes Metzontla se localiza en el municipio de Zapotitlán Salinas en la parte sureste del estado de Puebla; sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 07'18" y 18° 26'00" de latitud norte y los meridianos 97° 19' 24 y 97° 39'06" de longitud occidental. El clima es semicálido con lluvias en verano y escasas a lo largo del año; la vegetación es la características de climas secos con áreas de matorral crasicale, generalmente asociado con cardonales, y ocasionalmente con vegetación secundaria arbustiva. Buenavista de Cuauhtémoc y Tlacotepec de Porfirio Díaz pertenecen al municipio de San Sebastián Tlacotepec, se localizan en la parte sureste del estado de Puebla; sus coordenadas geográficas son los paralelos 18°14'12" y 18°31'00" de latitud norte y los meridianos 96°43'00" y 96°55'24" de longitud occidental. El municipio presenta gran variedad climática, ya que por su ubicación geográfica y su topografía, presenta la transición de los climas templados de las partes altas de la Sierra Madre Oriental a los climas tropicales de la planicie costera, pasando por los semicálidos; la vegetación varía de pinos mesófilos de montañas hasta selva alta perennifolia. La comunidad indígena de Kapola, perteneciente a la región Nororiental del estado de Puebla, se localiza a una altitud de 420 m, longitud 97° 30' 27'', latitud 20° 04' 14'' del municipio de Cuetzálán del Progreso, forma parte de la zona ecológica tropical húmeda en la Sierra Madre Oriental; la vegetación es predominantemente selva alta perennifolia y selvas medianas subperennifolias (INAFED, 2010).

En cada localidad se seleccionaron traspatios (unidades muestrales) mediante un muestreo de tipo juzgado *in situ* (Trejo y Morales, 2009). Se utilizó como objeto de análisis, la información obtenida de los criadores del guajolote autóctono mediante una encuesta, aplicando como instrumento un cuestionario con 13 preguntas al jefe o jefa de familia (Cuadro 1). En total se aplicaron 65 cuestionarios que correspondieron a 13 en la localidad de Zongozotla, 13 en la localidad de Kapola, 9 en la localidad de Buenavista, 10 en la localidad de Tlacotepec y 20 en la localidad de Los Reyes Metzontla (n=65). Los aspectos a conocer y de los que se derivan las variables a evaluar fueron alimentación, confinamiento, reproducción, sanidad y uso.

Cuadro 1. Cuestionario aplicado a los criadores de guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) sobre sus prácticas de manejo, en el estado de Puebla, México, con claves de respuesta.

Alimentación	Confinamiento	Reproducción	Sanidad	Uso
A.-Qué comen los guajolotes adultos?	C.-Confina sus guajolotes	G.-Postura	De qué se enferman los guajolotes?	Para que usa a sus guajolotes
A1= Maíz	C1= sí	G1= 10 a 14 huevos	J1= Viruela	M1= autoconsumo
A2= Tortilla	C2= No	G2= 7 a 10 huevos	J2= Diarrea	M2= Venta
A3= Hierba	Como los confina	G3= no reproduce	J3= Calentura	M3= Ambos
A4= Balanceado	D1= Por la noche	H.-Preferencia en el plumaje	J4= No se enferman	
A5= Nixtamal	D2= Permanente	H1= Negro	Vacuna?	
A6= desperdicio	Reproducción	H2= Café	K1= Sí	
B.-Qué comen los pavitos?	E.-Dónde nacen?	H3= Blanco	K2= No	
B1= Masa	E1= <i>In situ</i>	H4= Gris	Supervivencia	
B2= Balanceado	E2= Fuera	H5= Cualquiera	L1= 80 al 100%	
B3= Arroz	F.-Pié de cría. Qué prefiere?	I.-Estrategia de apareamiento	L2= 60 al 80%	
B4= hierba	F1= Macho	I1= misma parvada	L3= Menor al 60%	
B5= nixtamal	F2= Hembra	I2= intercambia ♂	L4= No sabe	
B6= No cría	F3= ninguno	I3= Intercambia ♀		
		I4= no reproduce		

Análisis de la información

Se llevó a cabo un análisis de correspondencia, tablas de contingencia IxJ, prueba de Chi cuadrada y pruebas no paramétricas como medidas de asociación (Agresti, 2002), utilizando los paquetes estadísticos SAS (2002) y R (2013). Las preguntas susceptibles a estos tipos de análisis correspondieron a los aspectos relacionados con alimentación reproducción y sanidad (preguntas A, B, F, G, H, I, J, L). El análisis de aquellas preguntas (C, D, E, K, M) correspondientes al confinamiento, reproducción y uso y que por su naturaleza no eran susceptibles de analizarse con el mismo método, se expresa solo en los porcentajes obtenidos de la tabla de contingencia IxJ.

1.3 Resultados y discusión

Los resultados correspondientes al conocimiento de la crianza en la alimentación de especímenes adultos de guajolote autóctono (pregunta A), revelan la importancia del maíz como dieta principal (entre un 92.3% a 100% de los encuestados) (Figura 3) como

sucede en varias regiones del país de acuerdo con distintos autores (Camacho *et al.* 2011) (Canul *et al.* 2011) (Villamar y Guzmán, 2007); los demás insumos como tortilla, hierba, balanceado, nixtamal y desperdicio además del maíz de acuerdo al análisis de correspondencia manifiesta poca dependencia y asociación entre los datos obtenidos en la forma de alimentar a los guajolotes adultos entre las 5 localidades (V de Cramer= 0.2173).

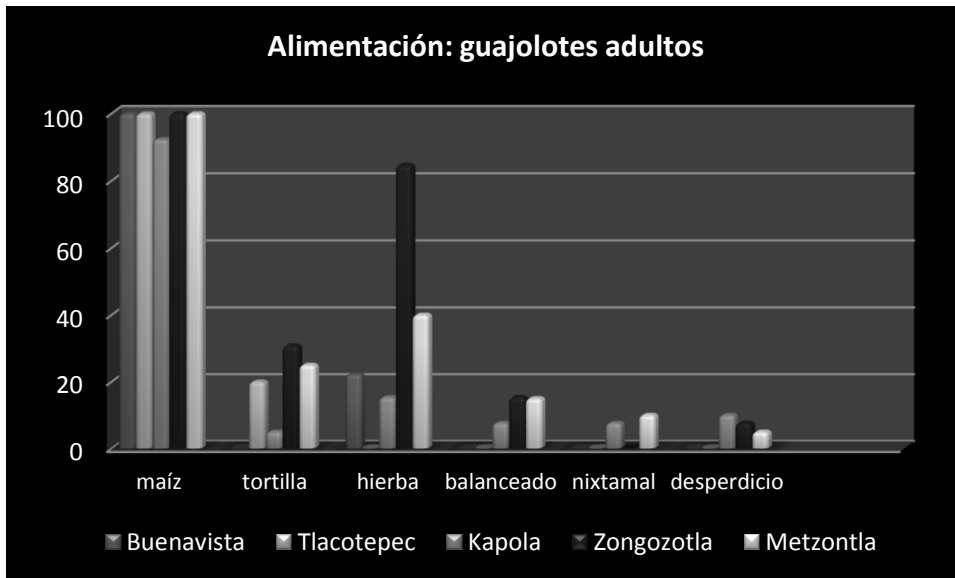


Figura 3. Porcentajes de tipo de alimentación en guajolotes adultos de cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.

Gráficamente (Figura 4) observamos que las localidades Z y M se separan de BV, K y T debido al uso de insumos como la tortilla, hierba para Z y de balanceado para M. En relación con la alimentación de los pavitos (pregunta B), sin embargo, el alimento comercial balanceado representa un porcentaje mucho mayor en las respuestas de los criadores, (entre un 50% a 95%) (figura 5), se aprecia una mayor asociación entre localidades (V de Cramer= 0.34129) y en la gráfica (Figura 6) se observa como K y M se juntan mientras que Z y BV distan ya que muy probablemente al ser localidades más marginadas tanto geográficamente como económicamente (Herrera, 2005) prescindan de dietas balanceadas o las ocupen en mínimas cantidades.

Como se observa, la dieta de los guajolotes autóctonos es a base de los insumos disponibles en los traspatios, salvo la etapa más vulnerable de los pavitos (del nacimiento a los tres meses de edad) en la que estos reciben alimento balanceado comercial, que

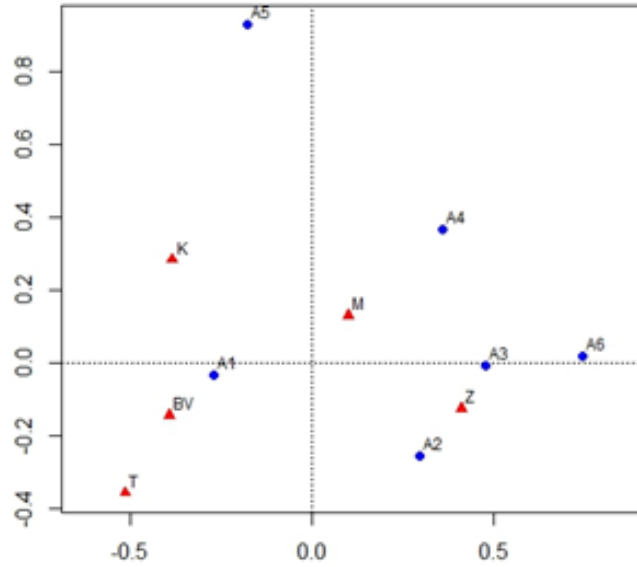


Figura 4. Análisis de correspondencia: pregunta A (qué comen los guajolotes adultos): A1=maíz; A2=tortilla; A3=hierba; A4=balanceado; A5=nixtamal; A6=desperdicio. Localidades: Z= Zongozotla; M=Metzontla; BV=Buena Vista; K=Kapola; T= Tlacotepec.

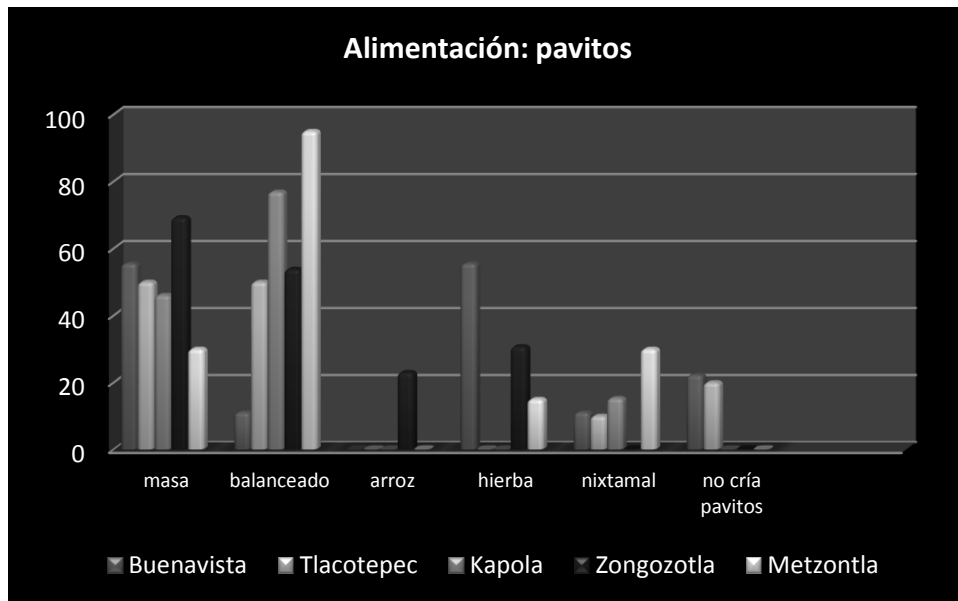


Figura 5. Porcentajes en alimentación para pavitos en cinco localidades del estado de Puebla, México.

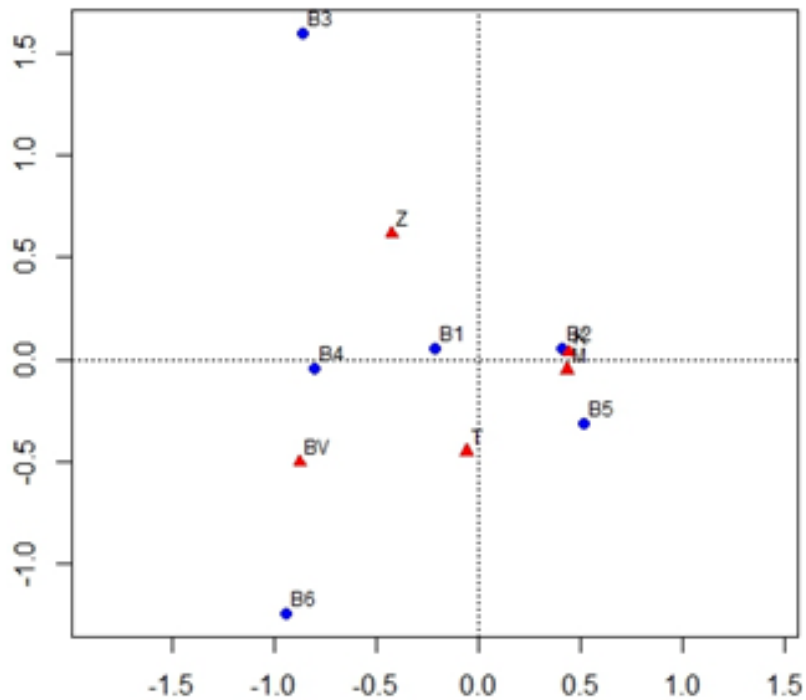


Figura 6. Análisis de correspondencia: pregunta B (qué comen los pavitos). B1=masa; B2=balanceado; B3=arroz; B4=hierba; B5=nixtamal; B6=no cría. Localidades: Z= Zongozotla; M=Metzontla; BV=Buena Vista; K=Kapola; T= Tlacotepec.

coincide con lo reportado por López *et al.* (2008) para el caso de Michoacán en unidades de producción medianamente tecnificadas y de producción considerada tradicional en la cría del guajolote de traspatio. Al parecer, la experiencia indica al criador que bien vale la pena invertir por un corto periodo de tiempo en alimento industrial ya que impacta en la supervivencia de los pavitos. Sin embargo, una vez superada esta etapa, los criadores promueven la ingesta de insectos y frutos al dejarlos en libertad, teniendo en la mayor parte de su crecimiento y madurez una alimentación con insumos naturales (no procesados). Este manejo Camacho *et al.* (2008) lo mencionan como “pastoreo” siendo una práctica común en los sistemas de producción de traspatio de las costas de Oaxaca.

En las comunidades indígenas visitadas, los criadores sí confinan a sus guajolotes, al menos en Metzontla, Buena Vista, Zongozotla y Tlacotepec, en donde la respuesta fue afirmativa en este aspecto en un 76% a 100% de las encuestas (pregunta C). En contraste, los criadores de Kapola aplican el confinamiento de las aves en un menor grado (solo el 61.5%). Así, el confinamiento permanente más generalizado se presentó

en Metzontla con el 100%, comparado con el 44% al 50% en las comunidades de Buena Vista, Zongozotla y Tlacotepec. (Es importante mencionar, que la aplicación de la encuesta coincidió con el periodo de maduración de los plantíos de maíz en el caso de Metzontla y es por este motivo que los guajolotes permanecen confinados mayor tiempo).

El encierro nocturno es practicado en todas las comunidades encuestadas, con los siguientes porcentajes: Metzontla 100%, Zongozotla 50%, Kapola 87.5%, Buena Vista 55.5% y Tlacotepec 50% (Figura 7).

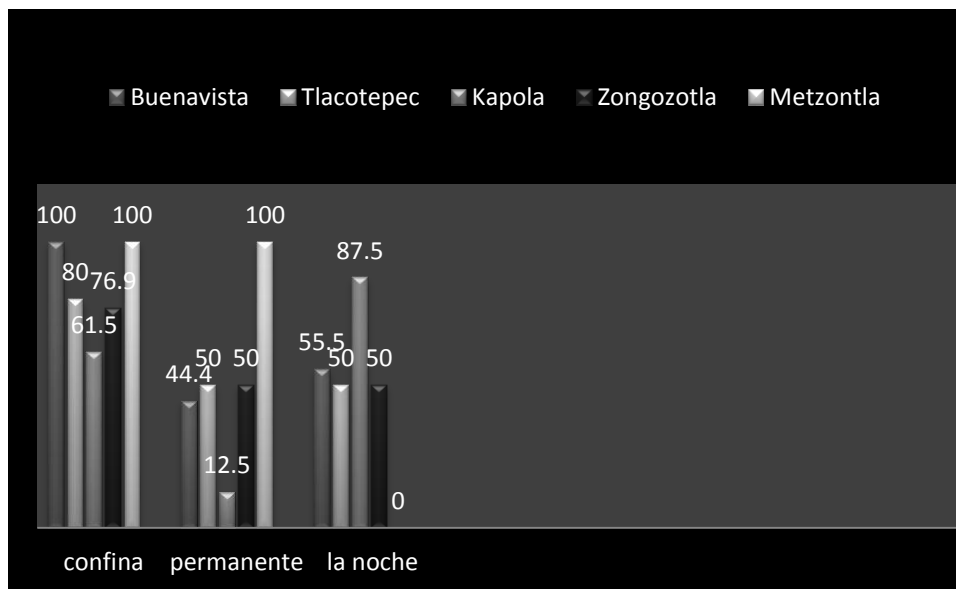


Figura 7. Porcentajes de confinamiento en guajolote autóctono en cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.

En lo que respecta a la reproducción (pregunta E), es de resaltar que el porcentaje de guajolotes nacidos *in situ* en las comunidades estudiadas es alto; esto es, oscila entre el 90% y el 100% para Metzontla, Tlacotepec, Kapola y Buena Vista, mientras que el más bajo fue Zongozotla con 84.6% (Figura 8). En consecuencia, se observaron bajos porcentajes de adquisición de pie de cría, actividad que varía entre el 7.6% y el 11% para las comunidades de Zongozotla, Tlacotepec, Buena Vista y Kapola; en contraste, la comunidad de Metzontla prácticamente no intercambia especímenes.

Los análisis de correspondencia en reproducción referentes a tamaño de postura (Figura 9) reflejan una sutil similitud entre localidades (V de Cramer 0.3329) asociando M, K y M por ser mayor quedando T alejada por su baja postura; para estrategias de apareamien-

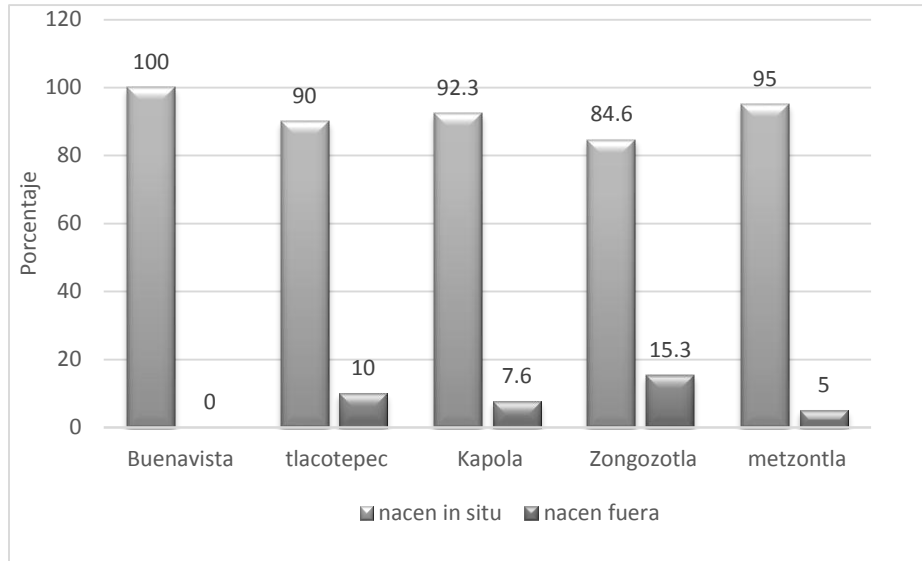


Figura 8. Porcentajes de lugar de nacimiento de los guajolotes autóctonos en cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.

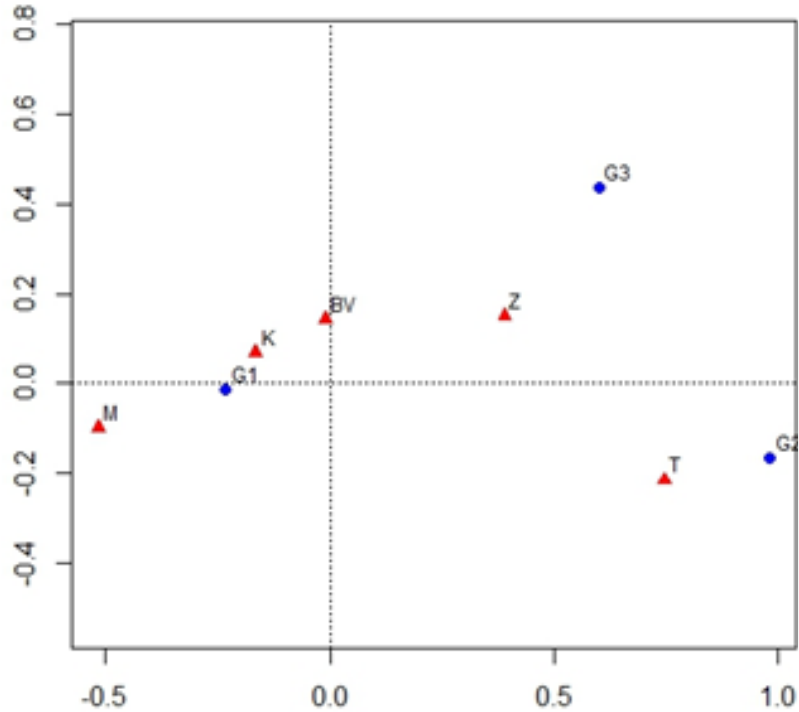


Figura 9. Análisis de correspondencia pregunta G (postura): G1=10 a 14 huevos; G2=7 a 10 huevos G3=no produce. Localidades: Z=Zongozotla;M=Metzontla;BV=BuenaVista;K=Kapola;T=Tlacotepec.

to no existe asociación (V de Cramer 0.1667) al compartir las localidades estrategias similares (Figura 10). Es importante destacar que la reproducción del guajolote autóctono se lleva a cabo principalmente con especímenes de las mismas comunidades, lo cual puede tener consecuencias en la endogamia de los animales. La valoración de esta condición es necesaria para la implementación de una estrategia integral reproductiva en función de preservar las características relacionadas con resistencia y adaptación de estas poblaciones de guajolote.

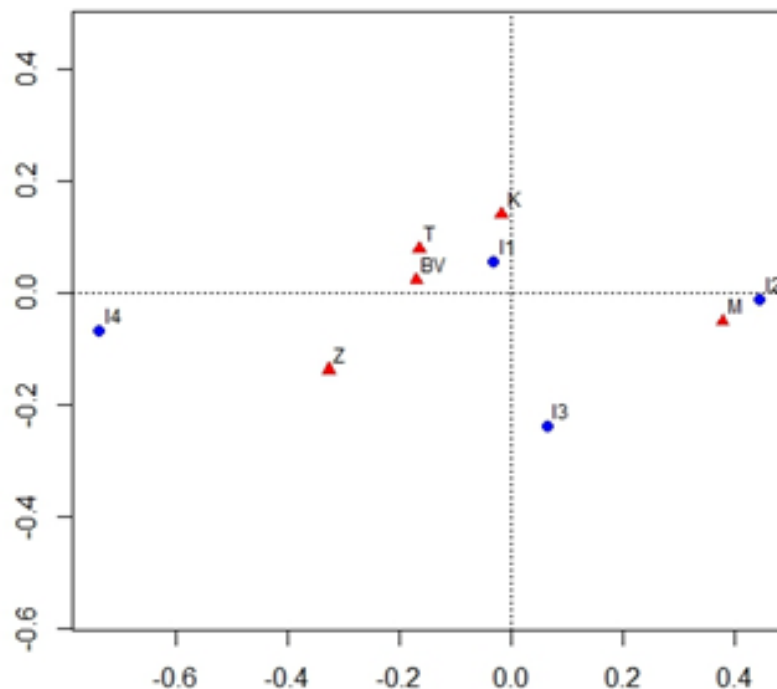


Figura 10. Análisis de correspondencia pregunta I (estrategia de apareamiento): I1=misma parvada; I2=intercambia machos; I3= intercambia hembras; I4= no reproduce. Localidades: Z= Zongozotla; M=Metzontla; BV=Buena Vista; K=Kapola; T= Tlacotepec.

La variedad en el color de los plumajes de los guajolotes a la llegada de los europeos a México fue descrita por Sahagún (1577 D.C.); él menciona que los “totollin...son de diversos colores, unos blancos, otros rojos, otros negros y otros pardos”. En la actualidad dicha variedad en el color del plumaje de los guajolotes en las comunidades indígenas se mantiene presente (Estrada, 2007) y en el guajolote autóctono como lo reportan Cigarroa *et al.* (2013); por consiguiente, preguntamos si existía alguna preferencia de color en la selección de las aves. El análisis en este rubro nos lleva a constatar que si

bien no existe una tendencia marcada en las preferencias (V de Cramer= 0.2565) (Figura 11) (pregunta H), existe una gran diversidad de colores y combinaciones en los plumajes de los guajolotes autóctonos en las distintas comunidades estudiadas así como preferencias para los mismos desde tiempos ancestrales, poniéndose de manifiesto no solo el deseo por criar a estas aves para cubrir determinadas necesidades, sino también un gusto por la crianza.

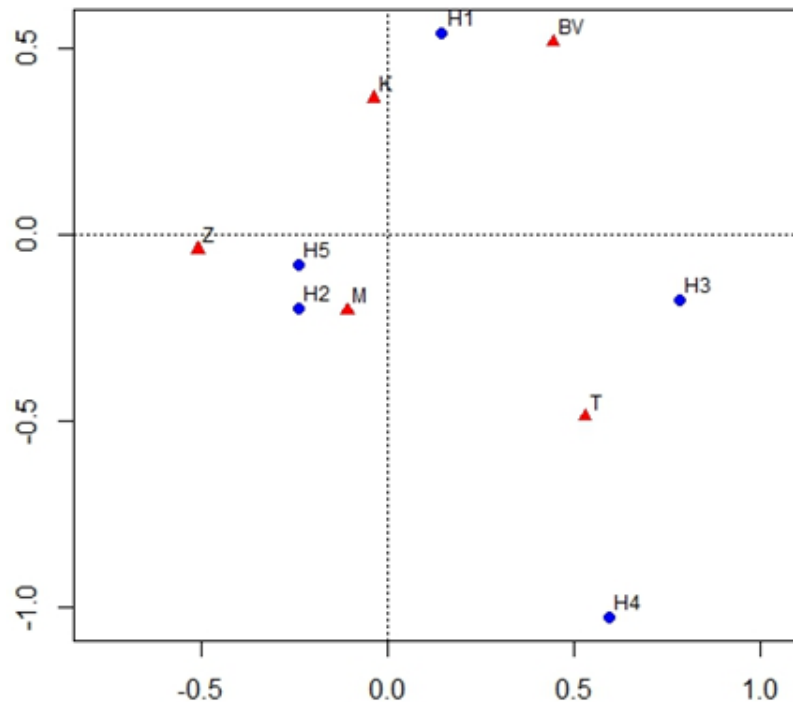


Figura 11. Análisis de correspondencia pregunta H (preferencias en el color del plumaje): H1=negro; H2=café; H3=blanco; H4=gris; H5=cualquiera. Localidades: Z= Zongozotla; M=Metzontla; BV=Buena Vista; K=Kapola; T= Tlacotepec.

En el segmento correspondiente a sanidad encontramos la prevalencia de enfermedades como “los granos” (viruela aviar), “diarreas” (salmonelosis, coccidiosis) y “calentura” (pasteurellosis, influenza) en distintos porcentajes en cada una de las localidades. Esta información es congruente con lo reportado con Canul (2011) para el centro y sur de Yucatán, sin embargo existieron respuestas afirmando que los guajolotes no se enferman. El comportamiento de la no prevención mediante vacunas coincide con lo reportado por López *et al.* (2008) en aquellas unidades de producción tradicionales en el estado de Michoacán. De acuerdo a los análisis estadísticos en este rubro existen

diferencias importantes entre las localidades como se aprecia en las gráficas correspondientes a tipo de enfermedades (pregunta J) y sobrevivencia (pregunta L) (figuras 12 y 13) encontrando valores de asociación altos (V de Cramer 0.5078 y 0.4348 respectivamente); resaltan los casos de Z y K, el primero porque a pesar de la manifestada baja incidencia de enfermedad la sobrevivencia es pobre y en el segundo el impacto de las enfermedades de tipo respiratorio en las parvadas. Al observar el ambiguo impacto de los mecanismos de prevención de enfermedades, como la vacunación en la supervivencia de los pavipollos, sería prudente abundar en investigacio-

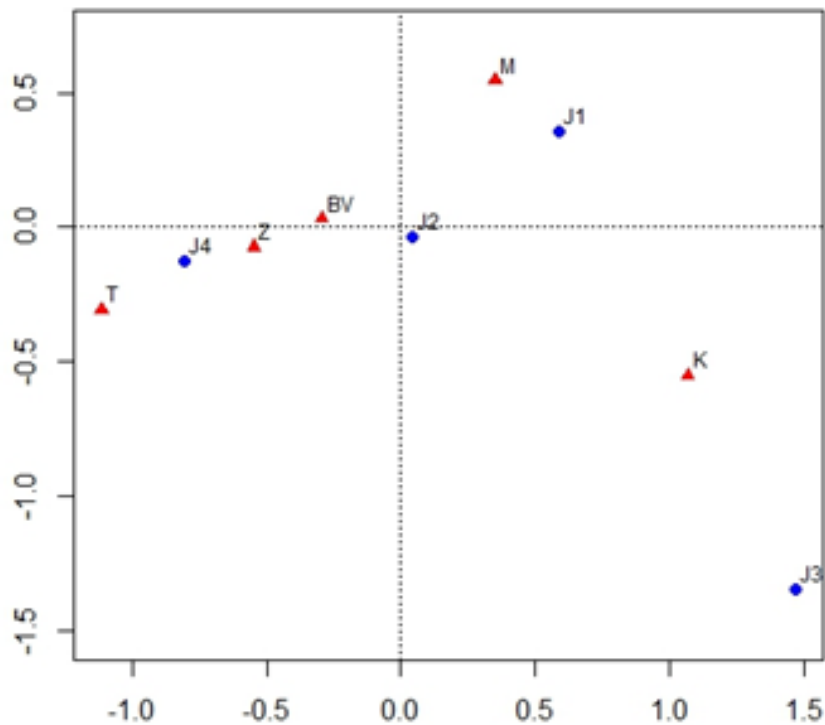


Figura 12. Análisis de correspondencia: pregunta J (de qué se enferman los guajolotes): J1=viruela; J2=diarrea; J3=calentura; J4=no se enferman. Localidades: Z= Zongozotla; M=Metzontla; BV=Buena Vista; K=Kapola; T= Tlacotepec.

nes de tipo epidemiológico para que los criadores de guajolote autóctono valoren y promuevan en su caso los mecanismos que les resultan exitosos al margen del manejo sanitario convencional.

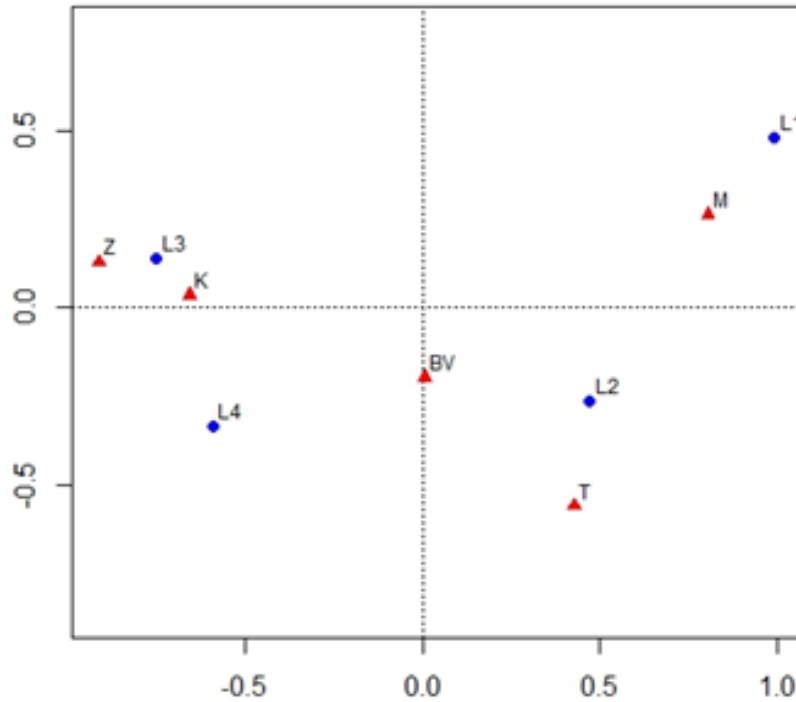


Figura 13. Análisis de correspondencia pregunta L (supervivencia pavitos): L1=80 al 100%; L2=60 al 80%; L3=menor al 60%; L4=no sabe. Localidades: Z= Zongozotla; M=Metzontla; BV=Buena Vista; K=Kapola; T= Tlacotepec.

El uso que los pobladores del área de estudio dan al guajolote autóctono es tanto para el autoconsumo como para la venta; los criadores en ninguno de los casos refirieron que el destino de las aves fuera solo para el comercio. Los porcentajes de respuesta fueron en Metzontla 45% de los encuestados refirió usar el guajolote para autoconsumo y el otro 55% dijo usarlo además para la venta; tales porcentajes resultaron en 61.5% para autoconsumo y en el 38.46% de la misma manera para el caso de Zongozotla; en Kapola el 15.38% respondió usarlo solo para el autoconsumo mientras que el restante 84.6% dijo además del autoconsumo usarlo para la venta; en Tlacotepec reportaron un 70% usarlo para autoconsumo y el 30% para autoconsumo y venta; en Buena Vista el 22.2% refirió solo usarlo para autoconsumo y el 77.7% para autoconsumo y venta. Como se puede notar, este resultado refleja el poco interés por criar los guajolotes exclusivamente

como una mercancía, es decir, como negocio, condición que contrasta con lo reportado por Antonio *et al.* (2011) que menciona que el principal objetivo de la crianza para el caso de la región mixe en Oaxaca es la comercialización. Entendemos que la cosmovisión indígena para el caso de Puebla gravita más en el ámbito de la supervivencia y la distinción de las relaciones sociales.

1.4 Conclusiones

El conocimiento de la crianza de *Meleagris gallopavo* entre las comunidades indígenas mazateca, nahua, totonaca y popoloca del estado de Puebla en alimentación, confinamiento y uso manifiesta coincidencias (asociación) de acuerdo al análisis de correspondencia (Valores de Chi-cuadrada >0.05); no existe asociación en el tipo de enfermedades que les afectan y en la supervivencia de los guajolotes (valores de Chi-cuadrada <0.05).

El interés por la cría de pavos no es precisamente de carácter zootécnico, es decir, el de obtener el mayor rendimiento y eficiencia en la conversión alimenticia u otros de tantos parámetros que evalúa la “explotación animal”. Su interés descansa en una cosmovisión diferente ya que el objetivo de la cría del pavo no es solo el económico si no el de ser un satisfactor de lo que representa el gusto por la distinción. Esta situación privilegia la convivencia y el intercambio permanente de forma local, teniendo lugar todo el proceso, desde la adquisición del pie de cría hasta su destino final, dentro de la mismas comunidades, salvo algunas excepciones de intercambio con poblaciones cercanas, lo que coadyuva a la conservación de una variedad no mezclada con especímenes manipulados genéticamente, que serían incapaces de adaptarse con éxito a las condiciones extremas en lo referente a manejo en confinamiento, alimentación y sanidad de estas comunidades.

1.5 Literatura citada.

Agresti Alan. 2002. Categorical data analysis. Wiley Interscience. 2nd. edition. Florida. 36-114 pp.

- Antonio J., S. Orozco., J. Ramírez. 2011. Contribución de la avicultura campesina en la disponibilidad alimentaria de familias indígenas del sureste mexicano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, Vol. 4, No. 1: 69:78.
- Boege, S. E. 2007. Territorios y diversidad biológica: la agrobiodiversidad de los pueblos indígenas de México. Capítulo VII. *In: Biodiversidad y Conocimiento Tradicional en la Sociedad Rural: entre el bien común y la propiedad privada*. Luciano Concheiro Bórquez., Francisco López Bárcenas (Comps.). México, Febrero 2007. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Cámara de diputados, LX legislatura en convenio con la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. pp: 247-308.
- Camacho. E. M. A., V. Hernández., L. Ramírez., E.I. Sánchez., J. Arroyo. 2008. Characterization of backyard guajolotes (*Meleagris gallopavo gallopavo*) in tropical zones of Mexico. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20, Article #50. Retrieved November 19, 2008, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/4/cama20050.htm>
- Camacho E. M. A., P. Lezama N., M. Jerez S., J. Kollas., M.A. Vázquez D., *et al.* 2011. Avicultura indígena mexicana: sabiduría milenaria en extinción. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. pp:375-379.
- Canul S.M., A. Sierra V., L. Durán S., R. Zamora B., J. Ortiz O. 2011. Caracterización del sistema de explotación del *Meleagris gallopavo* en el centro y sur de Yucatán, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*.pp:288-291.
- Carballo D., L. Barba., A. Ortíz., J. Blancas., J. Toledo B., *et. al.* 2011. La Laguna, Tlaxcala: ritual y urbanización en el Formativo. *In: Revista Teccalli. Estudios Puebla-Tlaxcala*. Edit. INAH. Volumen 2. Número 1: 1:11.
- CDI (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas). 2012. Atlas de los pueblos indígenas de México. http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=200027

- Cigarroa V. F., J. Herrera H., B. Ruiz S., J. Cuca G., R. Rojas M., *et al.* 2013. Caracterización fenotípica del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) y sistema de producción en la región centro norte de Chiapas, México. Revista Agrociencia. Volumen 47, número 6: 579-591.
- Cruces C. R. 2006. Lo que México aportó al mundo. Editorial Lectorum. México. 257p.
- Estrada M. A. 2007. Caracterización fenotípica, manejo y usos del pavo doméstico (*Meleagris gallopavo gallopavo*) en la comunidad indígena de Kapola en la Sierra Nororiental del estado de Puebla, México. Tesis maestría. Colegio de Postgraduados. 104p.
- Herrera C. W. 2005. Programa Institucional 2005-2011. Comisión Estatal de Desarrollo Integral de los Pueblos Indígenas. COPLADEP. 35p.
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). Secretaría de Gobernación. 2010. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Puebla. Consultada 18 Diciembre 2011. http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia
- Leopold A. S. 1977. Fauna Silvestre de México. Segunda edición. Editorial Pax-México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. pp: 304-317.
- López Z. R., T. Monterrubio R., H. Cano C., O. Chassin N., U. Aguilera R., *et al.* 2008. Caracterización de sistemas de producción del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) de traspatio en las regiones fisiográficas del estado de Michoacán, México. Técnica Pecuaria en México 46:303-316.
- Neurath J. 2003. Huicholes. In: Pueblos Indígenas del México contemporáneo. CDI-PNUD. 27p.
- Novella R. 1996. La costa de Michoacán, Méjico, en el siglo XVI. Anales del Museo de América, 4.pp: 25-37.
- NRC (National Research Council) 1991. Turkey. Microlivestock: Little-Known Small Animals with a Promising Economic Future. Washington, DC: National Academies Press 12: 157-166.

- ONU-FAO. 1996. Declaración de Leipzig. In: Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. .75p.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Sahagún 1577. Historia general de las cosas de Nueva España por el fray Bernardino de Sahagún: el Códice Florentino. <http://www.wdl.org/es/item/10096/view/1/1/>
- SAS, 2002. Sistema SAS para Windows versión 9.0. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schorger A. W. 1966. The Wild Turkey: Its History and Domestication. University of Oklahoma Press. 625p.
- Speller, C. F., B. M. Kemp., S. D. Wyatt., C. Monroe., W.D. Lipe., *et al.* 2009. Ancient mitochondrial DNA analysis reveals complexity of indigenous North American turkey domestication. PNAS early edition. Edited by Kent V. Flannery, University of Michigan. 6p.
- Trejo T. B. I., F. Morales F. 2009. Manual para la elaboración de una encuesta rural. Colegio de Postgraduados. 95p.
- Valadez A. R., R. Arrellín R. 2000. Historia Antigua de México. Vol. I: El México antiguo sus áreas culturales, los orígenes y el horizonte Preclásico. Instituto Nacional de Antropología e Historia; Universidad Nacional Autónoma de México; Coordinación de Humanidades. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Coordinadores: Manzanilla, L. y López, L. L. pp: 297-334.
- Villamar A. L., H. Guzmán V. 2007. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de guajolote (pavo) en México 2006. *In: Claridades Agropecuarias*. Jose Luis Gallardo Nieto (Comps). Enero. Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria, órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. pp. 3-37.

CAPÍTULO 2

Valoración morfológica de las poblaciones de guajolote autóctono del Centro de México

Resumen

El guajolote autóctono de México es un recurso zoogenético de gran importancia al ser este país su centro de origen y domesticación. Los estudios morfológicos previos son insuficientes para tener un consenso del comportamiento de estas poblaciones. Para conocer más acerca de su situación se planteó investigar en localidades indígenas del centro de México sus características morfológicas. Se caracterizaron variables, como son, medición de tarso, cuerda alar, pico, cola y masa corporal, creando un modelo respecto a los factores plumaje, pigmento de tarso y localidad para un análisis de regresión mediante GLM y un análisis estadístico multivariado de componentes principales. Los resultados manifiestan que el peso y la longitud del tarso explican la variabilidad, tanto en las hembras como en los machos, encontrando guajolotes de mayor talla en el ecosistema de bosque mesófilo de acuerdo al análisis de CP y si bien existen diferencias influenciadas por la localidad, tipo de plumaje y pigmento de tarso conforme al análisis de GLM, éstas son insuficientes para discriminar grupos o variedades. Sin embargo la morfología de hembras y machos de guajolote autóctono del Centro de México posee características peculiares destacando la diversidad del plumaje dentro y entre poblaciones, condición que comparte con su ancestro el guajolote Mesoamericano. Dicha particularidad se presenta en otras poblaciones de guajolote autóctono en México y a su vez lo distingue de otras de guajolote doméstico lo que podría hacerlo susceptible para proponerlo como variedad, raza o ecotipo.

Palabras clave: guajolote autóctono, indígenas, morfológico, tarso, peso

Abstract

Mexican autochthonous turkey is an animal genetic resource of a great importance as Mexico is its centre of origin and domestication. Previous morphological studies are

insufficient to build a consensus on these populations behaviour. In order to know more about their situation, a research on turkey's morphological characteristics was then carried out in indigenous communities of Central Mexico. Variables such as tarsus, wing chord, beak, tail and body mass measurements were characterised in order to create a model regarding relevant elements such as plumage, tarsus pigment and location so a regression analysis via GLM and a multivariate statistical analysis of main components could be then performed. The results show that the weight and tarsus length explain the variability in both females and males, finding turkeys were larger ecosystem of cloud forest according to the analysis of CP and while there are differences influenced by location type of plumage and tarsus pigment according to GLM analysis, these are insufficient to discriminate groups or varieties. However, the morphology of female and male turkeys native Mexico Center has unique features highlighting the diversity of plumage within and between populations, provided he shares with his ancestor the Mesoamerican turkey. This characteristic is shared with other indigenous populations in Mexico turkey and turn it apart from other domestic turkey populations than could susceptible to propose it as variety, race or ecotype.

Key words: autochthonous turkey, indigenous people, morphological, tarsus and weight.

2.1 Introducción

Los recursos zoogenéticos son todas las especies, razas o linajes animales y sus parientes silvestres o semidomesticados usados para la alimentación y producción agrícola (FAO/UNEP, 2000). Estos recursos conforman la biodiversidad ganadera y representan un patrimonio colectivo valioso debido a su papel esencial en la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y el sustento de cientos de millones de personas a nivel mundial. Sorprendentemente sólo 40 especies (con alrededor de 6,900 razas) de animales domésticos son actualmente utilizadas para la alimentación y la agricultura; aún más, el 90% de la actividad agropecuaria se centra exclusivamente en 14 de ellas. A pesar de la estrecha franja de la diversidad global que corresponde al sector ganadero, su importancia económica es enorme pues resuelve más del 30% de las necesidades humanas en los sectores pecuario y agrícola y, de forma directa, un 19% de la alimentación mundial (FAO, 1995).

En el sector avícola mundial y mexicano, en lo particular, la producción industrial del pavo o guajolote doméstico (*Meleagris gallopavo*) se hace con base en híbridos comerciales, en su mayoría de la raza Broad-Breasted White conocida también como “doble pechuga”; es decir, de animales producidos mediante cruzamientos programados de líneas puras que han sido seleccionadas para rasgos específicos de interés económico (Sponenberg, *et al.* 2000). Por consiguiente, la capacidad de los sistemas de producción de guajolote con fines comerciales, de enfrentar un amplio rango global de ambientes físicos y económicos se ve comprometida por una potencial “erosión genética” de estos animales de granja.

En contraste, los guajolotes de las comunidades rurales mexicanas, muy particularmente las indígenas, usualmente denominados “criollos” o “de rancho” (aunque posiblemente la denominación correcta sea “guajolote autóctono”) (Baschetto, 2008) al ser criados y mantenidos en relativo aislamiento, presuntamente han conservado una buena porción de la diversidad genética de sus ancestros silvestres; por consiguiente, son poblaciones equilibradas con el ambiente, genéticamente dinámicas y diversas (Herrera, 2010); por ende un recurso zoogenético relevante en el ámbito pecuario de México. No obstante, los atributos de estos guajolotes de crianza local han sido muy poco estudiados (NRC, 1991).

La FAO (2010) menciona que la caracterización de los recursos zoogenéticos es un elemento fundamental para crear estrategias de conservación y programas de desarrollo, enfatizando en recopilar una información muy completa que incluya la descripción de las características fenotípicas de las poblaciones autóctonas. Es por ello que esta investigación tuvo como objetivo describir el fenotipo del guajolote autóctono en base a seis aspectos morfológicos: peso corporal, plumaje, tarso, cola, alas y pico, considerando los estudios realizados en esta subespecie por Leopold (1944) y Pyle (2008).

Consideraciones para la caracterización fenotípica

Las caracterizaciones fenotípicas de *Meleagris gallopavo* comienzan con la descripción de Linnaeus en 1758; posteriormente Vieillot en 1817 describe *M. g. silvestris* seguido de Gould en 1856 con *M. g. mexicana*. En 1879 Sennett caracteriza *M. g. intermedia*, continuando Hayden en 1880 con la descripción de *M.g. intermedia*; Scott en 1890 hace

lo propio con *M. g. osceola* y finalmente Nelson en 1900 describe *M. g. merriami*. Tanto Gould como Hayden se basaron en la distribución del color del plumaje y Gould consideró también mediciones puntuales para la cola, tarso, alas, pico y longitud total. Leopold (1944) propone, además, de una serie de características etológicas y reproductivas, el color de las puntas de las plumas rectrices (cola) como la base más simple y práctica para comparar colores de plumaje y discriminar poblaciones de guajolote. Tratados más recientes, relacionados con la edad y sexo de las aves, son parcialmente cubiertos por Pyle (2008) quien considera para los pavos silvestres la longitud y morfología de alas y cola; longitud, profundidad y otras mediciones del pico; longitud de tarso; plumaje (terminología y ciclos de muda) y peso. Con relación a los pavos domésticos, la American Standard of Perfection (1989) elaboró una descripción completa de todas las razas y variedades de estas aves sustentándola en características externas (cabeza, pico, ojos, garganta y barbillas, cuello, moco, dorso, cola, alas, pecho y quilla, cuerpo, pelucilla, muslos, piernas, patas y piel) con el objetivo de propiciar el mejoramiento zootécnico progresivo mediante programas reproductivos. Christman y Hawes (1999) también llevan a cabo una descripción de razas de pavos domésticos en peligro de extinción, dando una especial atención al plumaje en aspectos como forma, color y distribución del mismo.

En México algunos investigadores han caracterizado al guajolote autóctono describiendo o cuantificando características relacionadas con el color del plumaje, pigmentación de la piel, descripción de cabeza, cuello, cuerpo, piernas y peso de los guajolotes (Camacho *et al.* 2009., López *et al.* 2008., Mallia, 1998., Cigarroa-Vázquez *et al.* 2013). Estrada (2007), consideró, además de los aspectos analizados por los autores mencionados, 15 variables morfométricas encontrando una utilidad limitada con fines de comparación y clasificación de estos guajolotes.

Debido a que, en los trabajos previos de caracterización en el guajolote autóctono de México no evaluaron explícitamente los diferentes entornos dentro de sus áreas de estudio — localidad ---, el plumaje y pigmento del tarso (factores) (Figura 1), con respecto a sus implicaciones en las medidas morfométricas, decidimos incluir estos factores en un análisis de regresión por el Modelo Lineal Generalizado (GLM) para cada una de las variables (Figura 1) y la prueba de medias de Tukey. Además a fin de saber cuáles

fueron las variables que mejor describen el objeto de estudio se realizó un análisis estadístico multivariado de componentes principales.

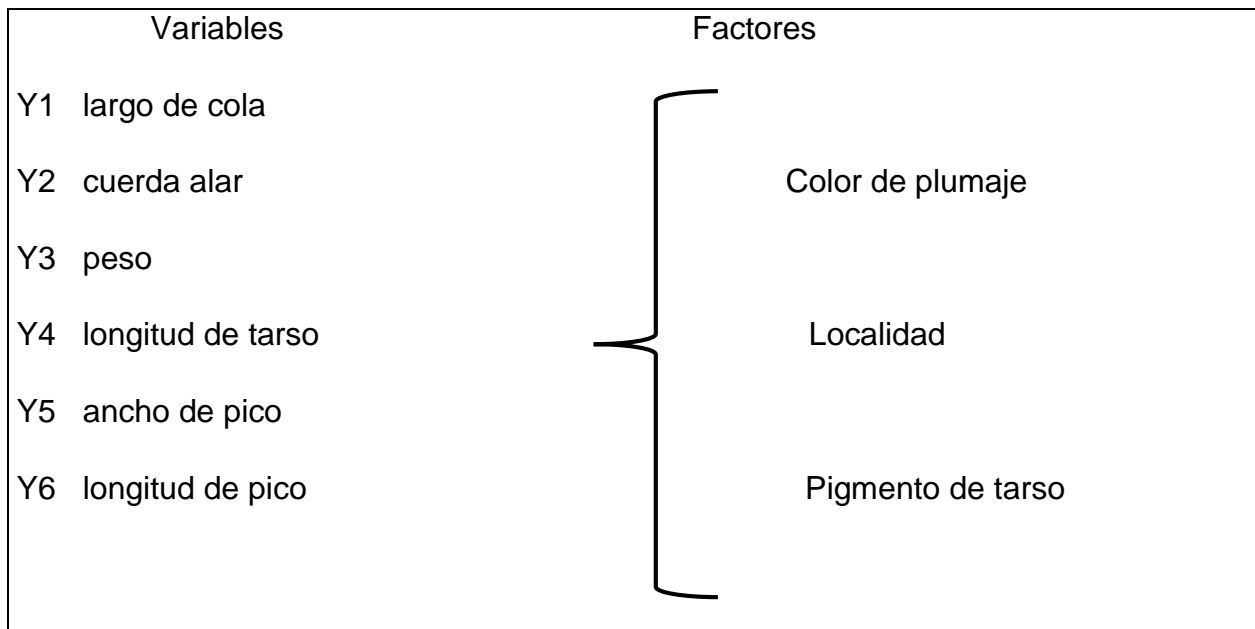


Figura 1. Variables y factores considerados para el GLM

2.2 Materiales y métodos

2.2.1 Región de estudio

La investigación se llevó a cabo en cinco comunidades indígenas del estado de Puebla (Figura 2) : Zongozotla (Z) (totonacos), Los Reyes Metzontla (M) (popolocas), Buena Vista (BV) (mazatecos), Kapola (K) y Tlacotepec de Porfirio Díaz (T) (nahuas), con el propósito no solo de conocer la crianza del guajolote conforme a los distintos grupos étnicos si no también explorar si influyen los diversos nichos ecológicos (de regiones templadas a regiones áridas). El municipio de Zongozotla se localiza en la parte norte del estado de Puebla; sus coordenadas geográficas son los paralelos 19°56'00"y 20°00'00" de latitud norte y los meridianos 97°38'54" y 97°46'36" de longitud occidental. Presenta una altura sobre el nivel del mar que oscila entre 720 y 2,300 metros. Presenta dos climas: en la región meridional es templado húmedo con lluvias todo el año, mientras que en la región sudoriental y septentrional, es de tipo semicálido subhúmedo; la vegetación predominante incluye bosque mesófilo de montaña, asociaciones de bosques

de pino, encino y ocote. Los Reyes Metzontla se localiza en el municipio de Zapotitlán Salinas en la parte sureste del estado de Puebla; sus coordenadas geográficas son los paralelos $18^{\circ} 07' 18''$ y $18^{\circ} 26' 00''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 19' 24''$ y $97^{\circ} 39' 06''$ de longitud occidental. El clima es semicálido con lluvias en verano y escasas a lo largo del año; la vegetación es la características de climas secos con áreas de matorral crasicaule, generalmente asociado con cardonales, y ocasionalmente con vegetación secundaria arbustiva. Buenavista de Cuauhtémoc y Tlacotepec de Porfirio Díaz pertene-

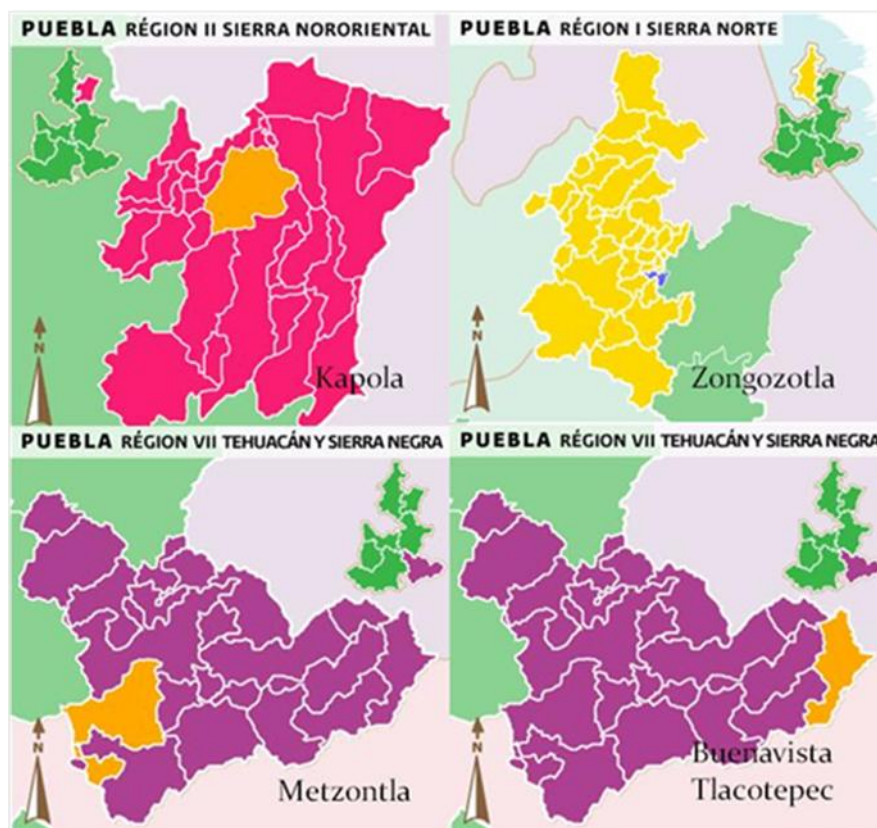


Figura 2. Localización de las regiones de estudio. Fuente: INAFED (2010)

cen al municipio de San Sebastián Tlacotepec, se localizan en la parte sureste del estado de Puebla; sus coordenadas geográficas son los paralelos $18^{\circ}14'12''$ y $18^{\circ}31'00''$ de latitud norte y los meridianos $96^{\circ}43'00''$ y $96^{\circ}55'24''$ de longitud occidental. El municipio presenta gran variedad climática, ya que por su ubicación geográfica y su topografía, presenta la transición de los climas templados de las partes altas de la Sierra Madre Oriental a los climas tropicales de la planicie costera, pasando por los semicálidos; la vegetación varía de pinos mesófilos de montañas hasta selva alta perennifolia. La comunidad indígena de Kapola, perteneciente a la región Nororiental del estado de

Puebla, se localiza a una altitud de 420 m, longitud 97° 30' 27'', latitud 20° 04' 14'' del municipio de Cuetzálán del Progreso, forma parte de la zona ecológica tropical húmeda en la Sierra Madre Oriental; la vegetación es predominantemente selva alta perennifolia y selvas medianas subperennifolias (INAFED, 2010).

2.2.2 Toma y procesamiento de datos

Las unidades muestrales fueron guajolotes en edad reproductiva. El tamaño de muestra fue de 92 especímenes; se evaluaron hembras y machos por separado considerando el dimorfismo sexual encontrado en otras investigaciones (Estrada, 2007) del cual ya existen resultados contundentes; 30 hembras y 62 machos provenientes de un muestreo de tipo juzgado *in situ* (Trejo y Morales, 2009) en los traspatios de cada una de las localidades. Las variables morfométricas evaluadas fueron: longitud del tarso (distancia entre la muesca en la parte distal del cóndilo lateral tibio tarsiano en la parte trasera de la pierna, a la última porción del tarso no dividido en la parte frontal de la misma con una ligera angulación); longitud de la cola (distancia de la inserción coccígea de las dos plumas centrales a la punta de la rectriz más larga); longitud del pico (distancia entre el final distal del plumaje de la frente en la base y la punta del pico); ancho de pico (midiendo mediante un vernier orientado en ángulo de 90° con respecto al axis del pico a nivel de la interface entre la banda de piel a través de la frente en la base del mismo y el pico como tal); cuerda alar (midiendo desde la articulación carpal a la punta del ala) (Pyle, 2008) (Figura 3) y masa corporal (kilogramos). Dentro de las variables cualitativas se evaluó el color del plumaje, específicamente en las plumas rectrices de acuerdo a Leopold (1944) siendo el último aspecto evaluado el pigmento cutáneo del tarso. Se utilizó una báscula (con margen de error de 5 grs.) marca kin modelo ACS 16A1 para cuantificar la masa; las mediciones corporales se realizaron con cinta métrica, vernier y regla especial para cuerda alar; para las variables cualitativas se hizo una observación visual directa, y se registró mediante una cámara digital fotográfica. La información obtenida de cada uno de los ejemplares se asentó en una ficha diseñada para el trabajo de campo (Apéndice 1).

2.2.3 Tratamiento estadístico

Los datos fueron analizados de dos formas: 1) Análisis estadístico multivariado de componentes principales a fin de saber cuáles fueron las variables que mejor describen

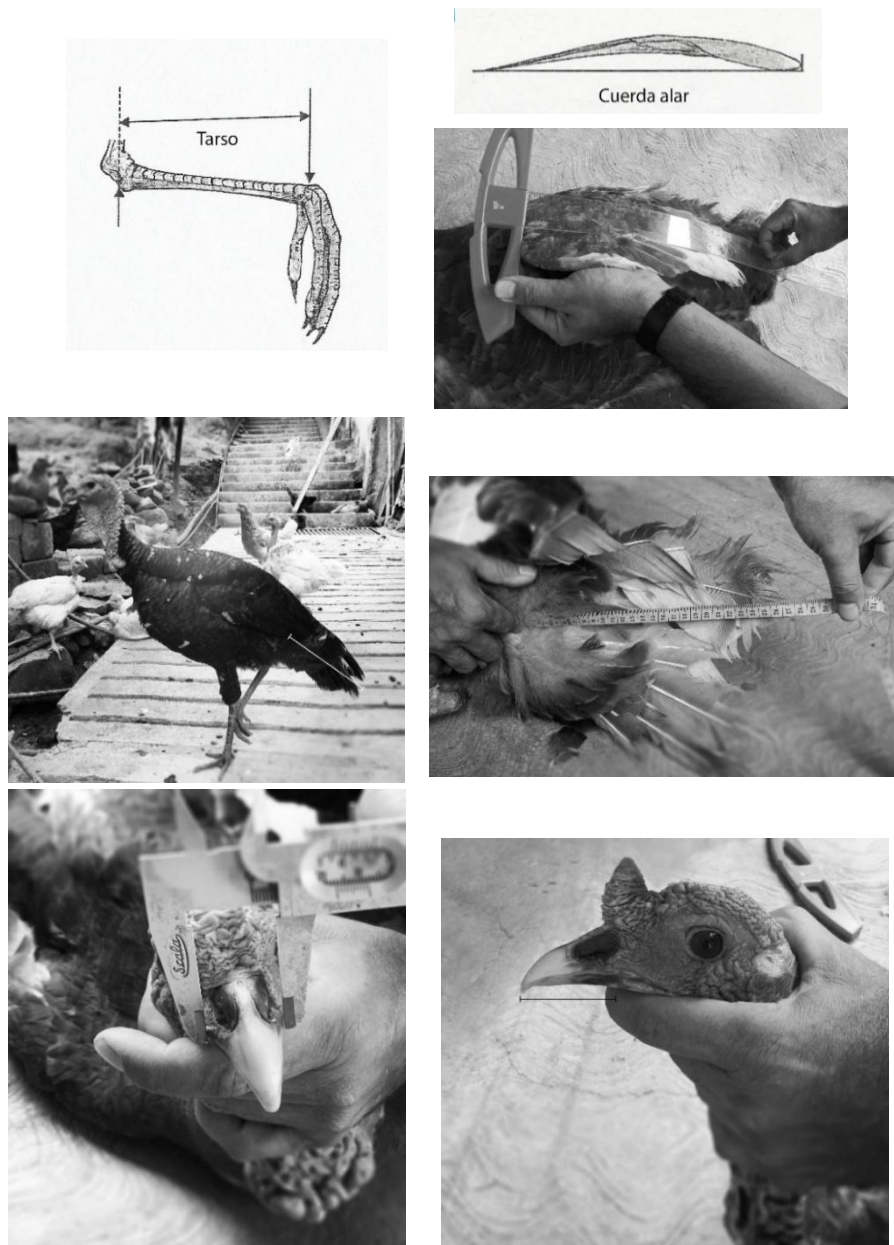


Figura 3. Morfometría: medición de tarso, cuerda alar, cola y pico de guajolotes autóctonos (*Meleagris gallopavo*) de cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.

el objeto de estudio y 2) análisis de regresión por el Modelo Lineal Generalizado (GLM) donde el modelo es la variable respecto al factor (localidad, color de plumaje y color de tarso), donde el juego de hipótesis es:

H₀: todas las medias son iguales entre la variable medida respecto al factor.

H_A: al menos una es diferente.

Si el GLM determinaba la existencia de diferencias significativas a un error tipo I de 0.05 entonces se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey para conocer las categorías del factor que eran diferentes.

Los paquetes estadísticos empleados fueron SAS versión 9.0 (2004) y la realización de gráficos de componentes principales en R Core Team (2008).

2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Análisis de regresión Modelo Lineal Generalizado GLM

Hembras

Para el factor localidad, las variables Y4, Y5 y Y6 reflejaron valores estadísticamente relevantes ($P < 0.05$) evidenciando diferencias entre las medias de dichas variables entre localidades (Figura 4). Conforme a la prueba de Tukey en las localidades de Kapola y Tlacotepec las hembras poseen tarsos más largos (1.25 cm) en relación a la localidad de Metzontla, sutil diferencia relacionada probablemente con el mayor confinamiento en Metzontla y que derive en animales con características menos adaptadas a deambular por predios de distintas conformaciones como hierbas altas, pendientes y suelos lodosos situación más común en entornos ecológicos húmedos y accidentados como lo son aquellos existentes en terrenos serranos como en Kapola y Tlacotepec; los picos en las localidades de Buena Vista, Kapola y Zongozotla son más anchos (entre 0.53cm y 0.70 cm) con respecto a la localidad de Tlacotepec diferencias que probablemente respondan a un entorno mucho más urbanizado en Tlacotepec lo que quizá repercute en un menor esfuerzo en la búsqueda de insumos como frutos, hierbas y semillas que a su vez ha incidido en la conformación del pico. Al respecto, la longitud de pico en la localidad de Buena Vista en relación a Metzontla reflejó diferencias (0.78 cm) que probablemente

también tengan explicación al ser esta última una localidad más urbanizada y con un entorno ecológico menos diverso que aquel de Buena Vista como se mencionó anteriormente, y que el largo de pico responda a esta situación.

Para el factor plumaje se encontraron diferencias entre las medias para la variable Y2 (Figura 4) encontrándose que aquellas hembras con plumaje negro (3.9 cm) y café (3.2 cm) tuvieron una cuerda alar con mayor longitud que aquellas de plumaje gris.

Para el factor pigmento de tarso no existieron valores estadísticamente relevantes para ninguna de las variables.

Factor: localidad	Media	Coef var	MSE	Prob
Y4	11.4	4.22	0.483	0.0001
Y5	2.84	7.40	0.210	0.0098
Y6	3.7	8.12	0.306	0.0020
Factor: Plumaje				
Y2	34.5	4.76	1.64	0.0101

Y2= Cuerda alar, Y4= Longitud de tarso, Y5= Ancho de pico, Y6= Longitud de pico

Figura 4. Resultado del GLM para las variables con diferencias significativas en hembras: 2 factores

Machos.

Para el factor localidad, las variables Y1, Y2, Y4 y Y6 evidenciaron diferencias entre las medias de forma importante (Figura 5).

Conforme a la prueba de Tukey en las localidades de Buena Vista, Metzontla, Kapola y Tlacotepec los machos poseen colas con mayor longitud (diferencias entre 4.7 cm y 6.8 cm) con respecto a Zongozotla condición relacionada con el tipo de confinamiento, el uso de las plumas en rituales propios de la cultura totonaca y a un menor tamaño en general de acuerdo a las medias de las variables evaluadas en los guajolotes de Zongozotla; en la localidad de Metzontla los guajolotes poseen una cuerda alar mayor (3.7 cm) a

aquellos de la localidad de Zongozotla diferencia que es atribuible a la razón explicada previamente aunque con respecto a la longitud de tarso los guajolotes de Zongozotla tuvieron un mayor tamaño (1.17 cm) con respecto a Metzontla muy probablemente relacionado con el manejo (menor confinamiento) y las necesidades de desplazamiento en un entorno montañoso para el caso de Zongozotla. Con respecto al pico, los guajolotes de las localidades de Buena Vista, Tlacotepec y Kapola presentaron mayor longitud (de 0.56 cm a 1.1 cm) en relación a los guajolotes de la localidad de Metzontla y Zongozotla.

Para el factor plumaje se encontraron valores estadísticamente relevantes evidenciando diferencias entre las medias para las variables Y5 y Y6 (Figura 5) encontrando para la primera, conforme a la prueba de Tukey, un pico ligeramente más largo (0.55 cm) en aquellos guajolotes de plumaje gris con respecto a aquellos de plumaje blanco con negro; para la segunda, ancho de pico, igualmente, una diferencia mínima (0.65 cm) para los guajolotes de plumaje negro con respecto a aquellos de plumaje blanco con negro.

Por último, para el factor pigmento de tarso se encontraron diferencias entre las medias para las variables Y1 y Y3 (Figura 5). De acuerdo con la prueba de Tukey hubo un contraste en las mediciones en aquellos guajolotes con el tarso pigmentado en color coral con respecto a los guajolotes con tarso pigmentado en color rosa teniendo los primeros una longitud de cola ligeramente mayor (4.0 cm). Con respecto al peso aquellos con pigmento color coral fueron más pesados (0.97 kg) que aquellos con pigmento color rosa. Para las dos variables sería probable que los pigmentos oscuros del tarso estén relacionados con una mayor cercanía a sus ancestros silvestres y por ello se comporten como fenotipos de mayor tamaño.

2.3.2 Análisis multivariado de componentes principales.

Hembras

El análisis multivariado de componentes principales (CP) para el caso de las hembras permitió conocer las variables que determinan las diferencias, explicando el 82% los primeros cuatro CP (Figura 6).

El primer componente está relacionado con el peso, el segundo con la longitud del tarso, el tercero con el ancho del pico y el cuarto con el largo del pico como lo más relevante, pero además en el componente uno se integra otra variable en importancia que es la cuerda alar así como en el componente dos lo es el ancho de pico (Figura 7).

Factor: localidad	Media	Coef var	MSE	Prob
Y1	30.5	12.8	3.9	0.0001
Y2	40.1	7.5	13.03	0.0184
Y4	15	6.98	1.05	0.0285
Y6	4.4	8.46	0.37	0.0001
Factor: Plumaje				
Y5	3.13	6.19	0.19	0.0208
Y6	4.4	12.12	0.53	0.0279
Factor: pigmento de tarso				
Y1	30.5	14.38	4.39	0.0143
Y3	5.75	21.04	1.21	0.0415

Y1= Largo de cola, Y2= Cuerda alar, Y3= Peso, Y4= Longitud de tarso, Y5= Ancho de pico, Y6= Longitud de pico.

Figura 5. Resultado del GLM para las variables con diferencias significativas en Machos: 3 factores.

El análisis refleja gráficamente (Figura 8) que las hembras de las localidades de Kapola y Buena Vista poseen características de mayor talla respecto a aquellas de las localidades de Metzontla, principalmente, y Zongozotla en menor proporción.

Las hembras de Tlacotepec no presentan una tendencia marcada. Es relevante que las hembras de mayor talla pertenezcan a regiones indígenas que por sus características geográficas e históricas contengan menos elementos propios del mestizaje como el uso del lenguaje español predominando las lenguas nativas así como el uso de atuendos

característicos de su cultura. Por otro lado es de resaltar el plumaje de color café y pigmentos de tarso color coral y oscuro contrastando con el grupo de Metzontla que presentó pigmento del tarso predominantemente color rosa claro así como ninguna tendencia en el color del plumaje.

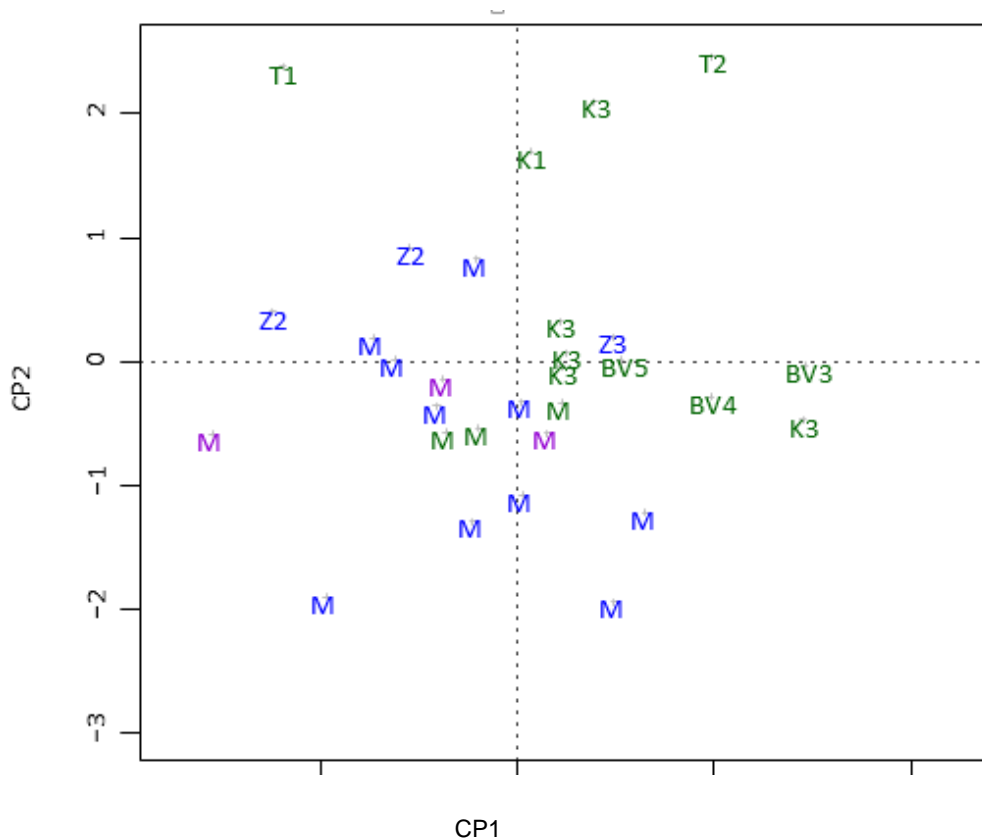
	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
CP1	2.1829	0.99405	0.3638	0.3638
CP2	1.18886	0.37357	0.1981	0.5620
CP3	0.81529	0.07026	0.1359	0.6978
CP4	0.74503	0.06910	0.1242	0.8220
CP5	0.67592	0.28396	0.1127	0.9347
CP6	0.39195		0.0653	1.000

Figura 6. Matriz de correlación autovectores: hembras

	CP1	CP2	CP3	CP4
Y1	0.435503	0.012867	0.552573	0.118625
Y2	0.457289	0.210690	0.420121	0.416762
Y3	0.516232	0.176984	0.122056	0.379939
Y4	0.303821	0.665820	0.105460	0.479612
Y5	0.344321	0.523446	0.584905	0.081793
Y6	0.351942	0.454763	0.387335	0.656632

Y1= Largo de cola, Y2= Cuerda alar, Y3= Peso, Y4= Longitud de tarso, Y5= Ancho de pico, Y6= Longitud de pico

Figura 7. Autovectores correspondientes a cada una de las variables: hembras



M= Metzontla, B= Buena Vista, K= kapola, T= Tlacotepec, Z= Zongozotla .Letras en color verde = tarso coral; letra azul= tarso rosa; letra café= tarso oscuro

Figura 8. Gráfico componentes principales: hembras.

Machos

El análisis multivariado de CP para el caso de los machos permitió conocer las variables que determinan las diferencias, explicando el 85% los primeros cuatro CP (Figura 9).

El primer componente está relacionado con el peso, el segundo con la longitud del tarso, el tercero con el largo del pico y el cuarto con el ancho del pico como lo más relevante, pero además en el componente uno se integra otra variable en importancia que es la cuerda alar así como en el componente dos lo es el largo de la cola (Figura 10).

El análisis refleja gráficamente (Figura 11) que los guajolotes machos de la localidad de Kapola sobresalen por su mayor peso, cuerda alar, plumaje negro y tarsos pigmentados

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
CP1	2.2885	1.0285	0.3814	0.3814
CP2	1.2600	0.3712	0.2100	0.5914
CP3	0.8888	0.2079	0.1481	0.7396
CP4	0.6809	0.21898	0.1135	0.8531
CP5	0.4619	0.0421	0.0770	0.9300
CP6	0.4197		0.0700	1.0000

Figura 9. Matriz de correlación autovectores: machos

color coral u oscuros a diferencia de los machos de la localidad de Zongozotla que si bien tienen tarsos de mayor tamaño su complexión es ligera y poseen plumajes bronceados y cafés con tarsos pigmentados color rosa. Los guajolotes de las localidades de Buena Vista y Tlacotepec se ubican en los rangos de talla mediana con plumajes negros y bronceados con pigmento de tarso color rosa para Tlacotepec y oscuros para Buena Vista.

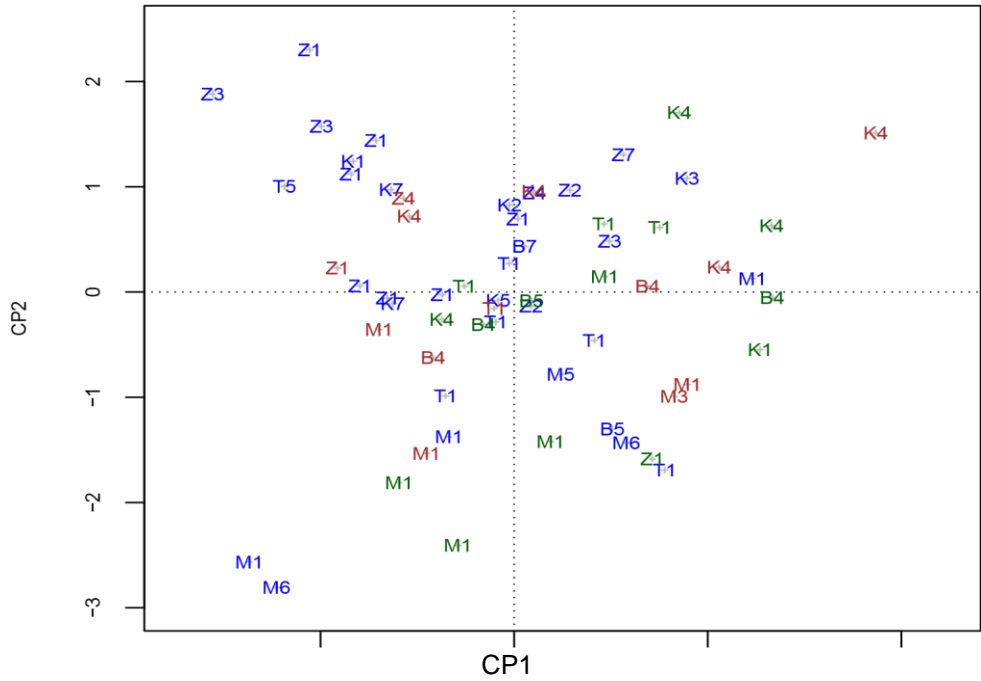
Los guajolotes de la localidad de Metzontla aparecen como animales de talla más pequeña con plumajes en su mayoría bronceados y tarsos con pigmento color rosa a coral.

Si bien se ha considerado el plumaje como uno de los factores de análisis con respecto a las variables morfométricas evaluadas, por sí mismo tiene una gran importancia como mecanismo de clasificación de las variedades del *Meleagris gallopavo* (Leopold, 1944., Christman y Hawes, 1999., Pyle, 2008). En las localidades indígenas del estado de Puebla las parvadas de guajolote poseen variados colores de plumajes encontrando para el grupo de machos 48.3% color bronceado; 20.9% color negro; 8.0% color café; 8.0% color habado; 4.8% color gris; 6.4% color blanco y 3.2% color blanco con negro. En el caso de las hembras las frecuencias fueron: 36.6 % color café; 20% color bronceado;

	CP1	CP2	CP3	CP4
Y1	0.389184	0.559971	0.226736	0.171753
Y2	0.470362	0.429574	0.129606	0.071746
Y3	0.502906	0.013640	0.132782	0.559043
Y4	0.397007	0.483516	0.282565	0.376009
Y5	0.398456	0.300205	0.438734	0.656876
Y6	0.240830	0.421664	0.801144	0.282763

Y1= Largo de cola, Y2= Cuerda alar, Y3= Peso, Y4= Longitud de tarso, Y5= Ancho de pico, Y6= Longitud de pico

Figura 10. Autovectores correspondientes a cada una de las variables: machos.



M= metzonla, B= Buena Vista, K= kapola, T= Tlacotepec, Z= Zongozotla . Letras en color verde = tarso coral; letra azul= tarso rosa; letra café= tarso oscuro

Figura 11. Gráfico componentes principales: machos

16.6% color gris; 13.3% color habado; 10.0% color negro y 3.3% color blanco. Es evidente que existe una gran diversidad de color en los plumajes de las localidades indígenas en el estado de Puebla resultado que se ha presentado en otras investigaciones relacionadas con la caracterización del guajolote autóctono de México (Camacho *et al.* 2008., López *et al.* 2008., Mallia, 1998; Cigarroa-Vázquez *et al.* 2013., Estrada, 2007). Las investigaciones referentes al fenotipo del guajolote autóctono, mexicano y o de traspatio que existen en el país han carecido de criterios comunes para establecer puntualmente los tipos de plumaje así como la morfometría, sin embargo, con la información existente planteamos (no sin algunos ajustes sobre todo respecto a los criterios de los distintos plumajes) analizar en los puntos coincidentes que es lo que está sucediendo en cada una de las regiones de México con los fenotipos del guajolote. Con respecto al plumaje los estudios de Camacho *et al.* (2008) y López *et al.* (2008) toman como referencia los plumajes de algunas variedades de los E.U.A. como son Black, Narraganset, Slate, etc. situación que conlleva a reflexionar si los guajolotes autóctonos de México deben analizarse bajo estos estándares, cuando estos han sido producto de asociaciones de criadores que han mantenido dichas variedades durante mucho tiempo en los E.U.A. y distan del origen de los guajolotes autóctonos de México, y más aun considerando lo que menciona Camacho *et al.* (2011)... “Una primera diferencia entre el guajolote nativo doméstico mexicano y el pavo doméstico de Norteamérica, es que el primero proviene directamente del guajolote mexicano sureño domesticado originalmente en Mesoamérica (*M. g. gallopavo*), y el pavo norteamericano es descendiente de la cruce entre el guajolote mexicano, llevado a Europa por los conquistadores españoles y el guajolote silvestre del Este (*M. g. silvestris*), del cual se originan las líneas modernas de rápido crecimiento. Por lo anterior, se propone designar como pavo al ave doméstica de origen norteamericana, y guajolote al ave doméstica de origen mexicano, porque ambos han sido identificados como recursos genéticos diferentes”... de allí que sería muy importante proponer una clasificación propia de los plumajes del guajolote autóctono de México ya que su diversidad difícilmente corresponde a la de las variedades de los E.U.A. clasificadas como tal. Al respecto es importante observar las frecuencias (Figura 12) en las diferentes regiones de las cuales se dispone información como es Michoacán (López *et al.* 2008), Puebla (Estrada, 2007),

Origen	n		Peso kg		Tarso cm		Plumaje (frecuencias)						
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	N	B	N/B	Bdo	C	H	G
Chiapas	95	111	5.4	3.3	15.2	12.5	19.4	9.4	19.9	35.5	11.8	1.4	2.3
Puebla	62	30	5.7	2.7	14.9	11.6	17.3	5.4	2.1	39.1	17.3	9.8	8.6
Oaxaca	nd	nd	nd	nd	nd	nd	29.0	1.7	13.4	35.8	7.4	10.8	1.7
Michoacán			7.8	3.6	nd	nd	17	5	40	21	7	8	2
<i>M.g intermedia</i>	nd	nd	8.0	4.0	16.7	13.0	na	na	na	100.0	na	na	na
<i>M.g mexicana</i>	nd	nd	6.0	3.6	17.0	13,5	na	na	na	100.0	na	na	na

♂= machos, ♀= hembras, N= negro, B= blanco, N/B= negro con blanco, C= café, H= habado, G= gris nd= información no disponible, na= no aplica.

Figura 12. Morfometría y frecuencias de plumaje en guajolotes autóctonos y silvestres.

Chiapas (Cigarroa--Vázquez *et al.* 2013) y Oaxaca (Camacho *et al.* 2008., Mallia, 1998) en donde se constata la diversidad de color en los plumajes pero también las coincidencias que, como se mencionó anteriormente, si bien se ajustaron los colores reportados con los criterios de esta investigación, existen elementos para afirmar que a pesar de lo distante de las regiones y de la condición de crianza sea indígena o mestiza, que se puede proponer una variedad propia de México para con ello promover su conservación como un germoplasma valioso por su carácter diverso.

En lo que respecta a la morfometría del guajolote autóctono de México las diferentes investigaciones mencionadas carecen de una metodología común lo que dificulta llevar a cabo comparativos en las diferentes regiones del país. Cabe resaltar que los estudios que contemplan más variables son los de Cigarroa – Vázquez *et al.* (2013), Estrada (2007) y la propuesta de esta investigación. En las evaluaciones de CP de los dos primeros existen coincidencias en la importancia del perímetro torácico (pectoral) y el largo total (de dorso); el peso tiene relevancia para las tres investigaciones y el largo del

tarso con la presente investigación y Estrada (2007). Es importante mencionar que muchas de las variables evaluadas en la morfometría tienen un impacto pobre desde el punto de vista estadístico en la discriminación de las poblaciones de guajolote (Estrada, 2007). Consideramos que las mediciones de los estudios morfométricos hechos en México son un tanto arbitrarias careciendo de un sustento metodológico probado por expertos. Es evidente que si bien, la intención por conocer un fenómeno, como lo es el fenotipo del guajolote autóctono, sea en aras de la investigación *per se*, no exista cita alguna en la metodología de algunos de los estudios mencionados.

Dentro de las variables susceptibles de comparación (Figura 12) encontramos que el peso de los machos y hembras en la región de Michoacán es mayor con respecto a Chiapas y Puebla, situación muy probablemente relacionada con poblaciones genéticamente más cercanas a guajolotes de uso comercial a diferencia de aquellos especímenes evaluados en regiones indígenas que por su aislamiento es menos probable su cercanía a guajolotes de gran talla como los utilizados en las explotaciones meleagrícolas. La longitud del tarso entre Puebla y Chiapas refleja una diferencia mínima siendo relevante en la búsqueda de variables útiles en la estandarización de las variedades de guajolote autóctono.

Con respecto a las subespecies silvestres que subsisten en México (*M.g. intermedia* y *M.g. mexicana*) se aprecia una mayor talla en peso y tarsos tanto en hembras como en machos en comparación a las hembras y machos de Puebla y Chiapas situación probablemente relacionada con el ancestro silvestre de las variedades domésticas *M. g. gallopavo*.

2.4 Conclusiones

Las características morfológicas de hembras y machos de guajolote autóctono se ven influenciadas por el entorno, el manejo y tipo de plumaje pudiéndose distinguir algunas variables entre localidades; específicamente en el grupo de machos el pigmento de tarso también permite establecer algunas diferencias entre localidades. Es importante señalar que los índices de variabilidad con el análisis de GLM son insuficientes para discriminar grupos o variedades por localidad. Sin embargo el análisis de CP manifiesta que el peso y la longitud del tarso explican tanto en las de hembras como en los machos la

variabilidad y se evidencia en los guajolotes criados en el ecosistema de bosque mesófilo con una mayor talla para estos animales y coincidentemente perteneciente a localidades con menor mestizaje.

Las características morfológicas de hembras y machos del guajolote autóctono en las localidades indígenas del estado de Puebla poseen características peculiares que comparten con otras poblaciones de guajolote autóctono de México.

Las características morfológicas de hembras y machos del guajolote autóctono en las localidades indígenas del estado de Puebla en el Centro de México, lo distinguen de otras razas y variedades de guajolote doméstico destacando la diversidad del plumaje dentro y entre poblaciones, condición que comparte con su ancestro el guajolote Mesoamericano, por lo que podría ser susceptible de proponerse como variedad, raza o ecotipo

2.5 Literatura citada

American Standard of Perfection. 1989. American Poultry Association, Inc. Marek Lithographics, Inc., Muskego, Wi. pp: 322-330.

Baschetto F. 2008. Veterinaria, Naturaleza, Fauna y la Historia de la Domesticación: la Conservación como Objetivo. *In: XXVII Jornadas de Actualización en Ciencias Veterinarias*. Colegio Médico Veterinario de la Provincia de Córdoba. Argentina (ed.). Septiembre 2008, Villa Giardino, Córdoba Argentina. pp:19.

Camacho. 2011. Historia natural, domesticación y distribución del guajolote en México . 27(3):351-360

Camacho E., M., A., E. Pérez-Lara., J. Arroyo-Ledezma., E. Jiménez-Hidalgo. 2009. Diferencias y similitudes entre guajolote silvestre y de traspatio (*Meleagris gallopavo*). *Temas de Ciencia y Tecnología* 13: 53-62.

Camacho-Escobar M., L. Ramírez-Cancino., I. Lira-Torres., V. Hernández-Sánchez. 2008. Phenotypic characterization of the Guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) in Mexico. *Animal Genetic Resources Information*, No. 43: 59-66

- Cigarroa-Vázquez F., José G. Herrera-Haro., Benigno Ruiz-Sesma., Juan M. Cuca-García., et al. 2013. Caracterización fenotípica del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) y sistema de producción en la región centro norte de Chiapas, México. *Agrociencia* 47: 579-591.
- Christman, C. J., R. Hawes O. 1999. *Birds of a Feather. Saving Rare Turkeys from Extinction.* The American Livestock Breeds Conservancy. Pittsboro, North Carolina. U.S.A. 76 p.
- Estrada M., A. 2007. Caracterización fenotípica, manejo y usos del pavo doméstico (*Meleagris gallopavo gallopavo*) en la comunidad indígena de Kapola en la Sierra Nororiental del estado de Puebla, México. Tesis maestría. Colegio de Postgraduados. 104p.
- FAO/UNEP. 2000. World watch list for domestic animal diversity. 3rd edition. Ed. Beate D. Scherf. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, 726 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1995. Primer documento de Líneas Directrices para la Elaboración de Planes Nacionales de Gestión de los Recursos Genéticos Animales de Granja. FAO, Roma. 149p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2010. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Editado por Dafydd Pilling y Bárbara Rischkowsky. Roma. Consultada 28 Julio 2011. (<http://www.fao.org/docrep/011/a1250s/a1250s00.htm> (traducción de la versión original en inglés, 2007) pp. 123-129.
- Herrera C., B., E., J. Miranda T., A. Delgado A. 2010. Conocimiento tradicional, predictores climáticos y diversidad genética. Lap Lambert Academic Publishing. 49 p.
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). Secretaría de Gobernación. 2010. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Puebla. Consultada 18 Diciembre 2011. http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia

- Leopold, A. S. 1944. The nature of heritable wildness in turkeys. *The Condor*. 46(4): 133-197.
- López Z., R., T C Monterrubio R., H Cano C., O Chassin N., U Aguilera R., *et al.* 2008. Caracterización de sistemas de producción del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) de traspatio en las regiones fisiográficas del estado de Michoacán, México. *Técnica Pecuaria en México* 46:303-316.
- Mallia, J.,G. 1998. Indigenous domestic turkeys of Oaxaca and Quintana Roo, México. *Animal Genetic Resources Information* 23:69-78.
- Nacional Research Council (NRC). 1991. Turkey. *Microlivestock: Little-Known Small Animals with a Promising Economic Future*. Washington, DC: National Academies Press 12: 157-166.
- Pyle, P. 2008. *Identification Guide to North American Birds. Part II*. Slate Creek Press. pp. 1-201.
- R Development Core Team (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- SAS (2004). Institute Inc., SAS 9.1.3 Help and Documentation, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002-2004.
- Sponenberg D., P., O Hawes R., P Johnson., J Christman C. 2000. Turkey conservation in the United States. *Animal Genetic Resources Information* 27: 59-66.
- Trejo T., B., I., F. Morales F. 2009. *Manual para la elaboración de una encuesta rural*. Colegio de Postgraduados. 95 p.

Apéndice 1. Formato para el registro de características morfológicas de guajolote autóctono (*M. gallopavo*) para el estudio realizado en cinco localidades indígenas del estado de Puebla, México.

Ficha de Registro para Guajolotes										Hoja	de	
Propietario					Fecha		Ficha No.					
Domicilio					Lugar		Cantidad de especímenes				Salud	
Población					Hora		Tipo de alojamiento				Tipo	
Ambiente Ecológico					Tiempo de criar GTES		Función zootécnica				Vacuna	
							Identificación				Desparasitación	
No. De GTE	Peso	Longitud tarso	plumaje	Pigmento del tarso	Cuerda alar	Longitud de la cola	Longitud de pico	Ancho del pico				
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

CAPÍTULO 3

Valoración de los genes mitocondriales D-loop y COI para caracterizar la diversidad genética del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*), híbrido comercial y silvestre de la región Centro de México

Resumen

Los marcadores moleculares en *Meleagris gallopavo* han sido ampliamente utilizados, desde los microsatélites (o SSRs o STRs), las secuencias mitocondriales o nucleares y recientemente la disponibilidad del genoma completo. Esta herramienta es importante al ser ésta especie la segunda ave de corral productora de carne en el mundo, después del pollo. Sin embargo, en México, a pesar de ser el centro de origen y domesticación de esta ave, el conocimiento a nivel genético molecular de las poblaciones de guajolote autóctono es incipiente. Es por ello, que en este estudio, se valoraron dos genes mitocondriales D-loop y COI dentro y entre poblaciones de guajolote autóctono y fueron comparadas con las de individuos híbridos comerciales y silvestres, los cuáles son fenotípicamente distintos en el plumaje y en sus dimensiones corporales. Se obtuvieron secuencias de los dos genes de 42 individuos, 22 correspondientes al gen D-loop y 20 al gen COI, seguido de esto se obtuvo el polimorfismo dentro y entre poblaciones. Finalmente se reconstruyó la filogenia de esta región con la inclusión de secuencias publicadas en el banco de genes de otras regiones geográficas. Los resultados indican que el citocromo oxidasa I (COI) no es informativo por lo que su utilidad en la valoración de la diversidad del guajolote autóctono es limitada. En tanto el gen D-Loop, presentó polimorfismo dentro y entre las poblaciones; la reconstrucción de la filogenia señala que los guajolotes autóctonos de México conservan información genética, de la cual derivan las subpoblaciones de otras regiones.

Palabras clave: guajolote autóctono, diversidad genética, D-loop, COI.

Abstract

Molecular markers in *Meleagris gallopavo* have been widely used, since microsatellites (or SSRs or STRs), mitochondrial or nuclear sequences and recently the availability of the complete genome. This tool is important as this is the second bird species poultry

meat producer in the world, after the chicken. However, in Mexico, despite being the center of origin and domestication of this bird, knowledge at the molecular genetic level of populations of native turkey is emerging. That is why, in this study, two mitochondrial genes D-loop and COI within and among populations of native turkeys are measured and were compared with those of commercial hybrid and wild individuals, which are phenotypically different in plumage and body dimensions. The two gene sequences of 42 individuals, 22 corresponding to the D-loop and the COI gene 20 gene, which were assembled and aligned with what polymorphism levels of each of the genes was detected was obtained; followed by this polymorphism was obtained within and among populations. Finally the phylogeny of this region with the inclusion of published sequences in the gene bank from other geographic regions was rebuilt. The results indicate that cytochrome oxidase I (COI) is uninformative so its usefulness in assessing the diversity of native turkey is limited. While the D-Loop, present gene polymorphism within and among populations; reconstructing the phylogeny indicates that the native turkeys in Mexico retain genetic information, which subpopulations derived from other regions.

Key words: autochthonous turkey, genetic diversity, D-Loop, COI.

3. 1 Introducción

México es centro de origen y de domesticación del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*), del cual provienen todos los pavos domésticos del resto del mundo (Crawford, 1992). Actualmente, las autoridades taxonómicas aceptan la existencia de seis subespecies de esta ave: *M.g. gallopavo*, *M.g. merriami*, *M.g. silvestris*, *M.g. osceola*, *M.g. intermedia* y *M.g. mexicana* (Clements, 2009), aunque mediante análisis moleculares Mock *et al.* (2002) reportaron que *M.g. silvestris* y *M.g. osceola* pertenecen a la misma unidad poblacional. De acuerdo con Schorger (1966), el área de distribución histórica de las subespecies silvestres en México (*M.g. intermedia*, *M.g. mexicana* y *M. g. gallopavo*) correspondió al de las zonas de pino y encino, principalmente a lo largo de las principales cadenas montañosas. Así mismo, existen evidencias arqueozoológicas de que el proceso de domesticación del guajolote sucedió en el periodo Preclásico Mesoamericano (2800- 3000 a. C.) (Valadez y Arrellín, 2000) a partir de la subespecie *M.g. gallopavo*, la que se da por hecho está extinta en su estado silvestre; no obstante,

Speller, *et al.* (2009) sugieren que el pavo “mesoamericano” sobrevive en nuestros días como doméstico.

Las comunidades indígenas de México se encuentran entre los grupos nativos que albergan en sus entornos las áreas de la mayor diversidad biológica en el mundo (Boege, 2007). Además, se considera que su conocimiento del manejo y crianza de animales y plantas impacta en la conservación y generación de diversidad genética *in situ* (ONU-FAO, 1996); por ello, resulta trascendente el estudio de los guajolotes domésticos en dichos entornos, en donde se asume que, al ser criados y mantenidos en relativo aislamiento, han conservado una buena porción de la diversidad genética de sus ancestros silvestres y, por consiguiente, son poblaciones equilibradas con el ambiente, y genéticamente dinámicas y diversas (Herrera, 2010). No obstante que estos animales poseen una carga genética con características adaptativas y de resistencia que se puede convertir en una fuente valiosa de genes para las poblaciones de pavos de la producción industrial y que tienden a ser altamente endogámicos (López *et al.*, 2006), los atributos de estos guajolotes de crianza local han sido muy poco estudiados (NRC, 1991). La Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) menciona que los pequeños ganaderos tradicionales, a menudo pobres y en entornos marginales, son quienes han administrado una gran parte de nuestra diversidad zoogenética, pero que, a pesar de ello, está amenazada; la tasa estimada de extinción de razas es alarmante. Sin embargo, es todavía más preocupante que se estén perdiendo recursos genéticos de los que no se dispone información, antes de que se puedan estudiar sus características y evaluar su potencial. Por ende, dicha organización ha recomendado una serie de medidas a seguir entre las que destaca, por ser de las más elementales, evaluar la diversidad genética intrarracial; asimismo, sugiere, entre otras herramientas, los marcadores de los polimorfismos a nivel de ADN (FAO, 2010).

Antecedentes

En los últimos años, los estudios de genética molecular que se han llevado a cabo sobre el pavo doméstico han sido con el propósito de mejorar las estrategias de producción avícola mediante la búsqueda de genes asociados a rasgos de interés comercial —crecimiento, ganancia de peso y rendimiento de la carne de la pechuga (Aslam *et al.*

2011) y a la susceptibilidad a enfermedades (caracterización de genes del sistema inmune). De hecho, se han identificado cientos de marcadores genéticos del pavo doméstico, específicamente del comercial, lo que ha permitido el desarrollo de mapas de ligamiento genético, así como la creación de librerías genómicas que han facilitado el conocimiento de esta especie (Burt *et al.* 2003). Dalloul *et al.* (2010), mediante el uso de secuenciación de próxima generación (NGS, por sus siglas en inglés), secuenciaron el genoma del pavo, convirtiéndose en la segunda ave doméstica mejor conocida al respecto después del gallo doméstico (*Gallus gallus*). La composición del genoma revela el descubrimiento de más de 600,000 variantes de nucleótidos simples de alta calidad; 917 Mb de las secuencias asignadas a cromosomas específicos del pavo, la identificación de cerca de 16,000 genes con 15,093 reconocidos en la codificación de proteínas y 611 como genes RNA no codificantes (Dalloul *et al.* 2010).

La investigación de la genética en pavos silvestres, a nivel molecular, tiene actualmente estudios trascendentes. Por ejemplo, Speller *et al.* (2009), mediante el análisis de ADN mitocondrial, uso de datos del Gen Bank y la elaboración de árboles filogenéticos, proponen la existencia de dos centros de domesticación del *M. gallopavo*; además, aclaran la pertenencia de las subespecies *M. g. intermedia* y *M. g. silvestris* al mismo clado y la utilidad de abundar en estudios a nivel molecular en las poblaciones de pavo silvestre y de las razas de pavo indígenas de México, que coadyuven a dilucidar cuáles son las poblaciones ancestrales que dieron origen a un segundo centro de domesticación del *M. gallopavo* en el suroeste de los EUA. Por su parte, Mock *et al.* (2002) realizan un estudio mediante el uso de tres herramientas moleculares conocidas como microsatélites, polimorfismo en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP, por sus siglas en inglés) y secuenciación de la región control mitocondrial, en cinco subespecies de pavo silvestre de los EUA. Encuentran un sustento genético a las clasificaciones morfológicas previas de dichas subespecies, con excepción de *M.g. osceola* y *M.g. silvestris* que formaron un solo grupo. Anteriormente, Szalansky *et al.* (2000) estudiaron la variación de ADN mitocondrial en y entre subespecies silvestres de *Meleagris gallopavo*; encontraron que no existió un cuello de botella en las poblaciones de guajolote silvestre reintroducidas en Nebraska y, por el contrario, una alta similitud en la secuencia del ADN e información de los RFLPs entre los guajolotes domésticos y silvestres, que

pone en duda cualquier diferenciación con base en su reciente domesticación (menos de 400 años). Kamara *et al.* (2007) llevaron a cabo un estudio utilizando microsatélites, para conocer la relación genética entre pavos comerciales y pavos del “patrimonio” (es decir, las variedades Narraganset, Bourbon Red, Blue Slate, Spanish Black, and Royal Palm). De acuerdo al análisis filogenético, encontraron una relación estrecha entre B. Slate, B. Red y Narraganset con la raza comercial, pero una menor relación con R. Palm y S. Black; por lo tanto, recomendaron utilizar estas dos últimas variedades para el mejoramiento genético mediante introgresión con los pavos comerciales.

Las investigaciones sobre el guajolote criollo, nativo o autóctono de México se han llevado a cabo principalmente en poblaciones de guajolote de traspatio, particularmente comparándolo con las líneas comerciales (Big-6 Large White y Bronze) y con el uso de la amplificación aleatoria de ADN polimórfico (RAPD) (Chassin *et al.*, 2005) así como microsatélites (SSR) (Contreras, 2011). El estudio de Chassin *et al.* (2005) reveló diferencias en la diversidad genética de las poblaciones analizadas, lo que hizo posible diferenciar e inferir eventos históricos. En el segundo estudio citado, se determinó una alta diferenciación genética en la población, lo cual indica una separación en subpoblaciones de la especie.

Para el estudio taxonómico y de genética de poblaciones se han utilizado dos regiones: el código de barras ADN Citocromo oxidasa I (COI) y la región control D-Loop. La primera es una pequeña región del genoma de la mitocondria en donde los investigadores han propuesto el uso de unos 648 nucleótidos como identificadores de las especies (Ratnasingham y Hebert, 2007). Estas secuencias cortas producen información exacta acerca de la composición del genoma entero (Lane, 2009), por lo que tienen el potencial de proveer de un marco contextual para la construcción de filogenias y la valoración de la genética de las poblaciones (Hajibabaei *et al.* 2007). Por otra parte, la región control (D-Loop) es considerada una herramienta poderosa para revelar la estructura de la población, y ha sido ocupada en numerosos estudios de genética de poblaciones y sistemática aviar (Latch y Rhodes, 2005; Jin *et al.* 2014; Barker *et al.* 2012). En escalas espaciales relativamente pequeñas también se reveló una estructura geográfica significativa (Szalansky *et al.* 2000).

Debido a que el estudio a nivel molecular de las poblaciones de guajolote autóctono de México es incipiente, en este estudio se realizó la valoración del polimorfismo de guajolotes autóctonos de seis localidades rurales del estado de Puebla, una población silvestre e híbridos comerciales, en dos regiones de ADN mitocondrial, que corresponden al código de barras Citocromo oxidasa I y la región control D-Loop.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Colecta de material

La colecta se llevó a cabo en seis comunidades indígenas del estado de Puebla: Zongozotla (totonacos), Los Reyes Metzontla (popolocas), Buena Vista (mazatecos), Kapola (nahuas), Xochitlán de Vicente Suárez (Nahuas) y Tlacotepec de Porfirio Díaz (nahuas) (Cuadro 1), con el propósito de conocer si la crianza del guajolote conforme a los distintos grupos étnicos y los diversos nichos ecológicos (de regiones templadas a regiones áridas) (Figura 1) influyen en la composición genética, además se colectaron muestras de guajolote silvestre (*M.g. mexicana*) de Sierra Fría, Aguascalientes (Figura 2) y de pavo híbrido comercial de la granja “Chihuahua” ubicada en Amecameca, estado de México y de la granja “Luna” en el estado de Hidalgo como grupos externos.

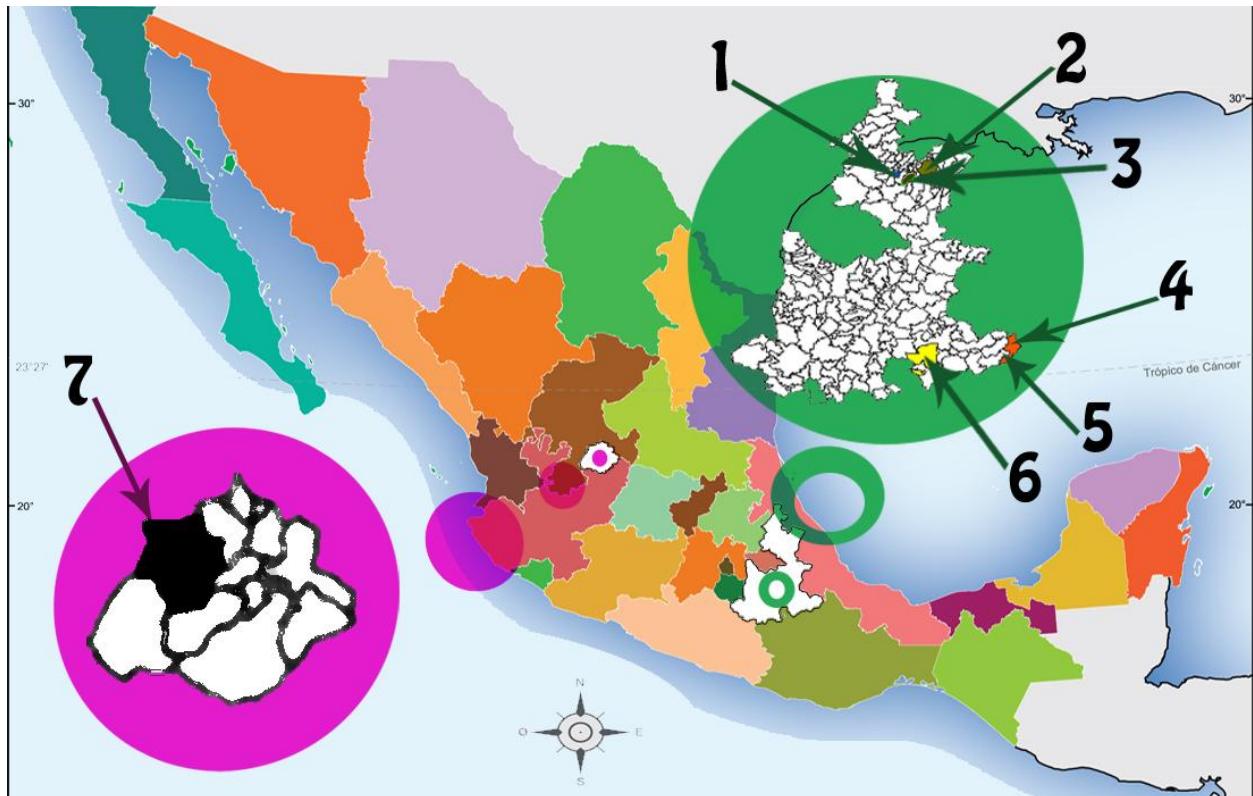
3.2.2 Obtención de muestras y método de extracción de ADN

Las muestras se obtuvieron mediante la extracción de sangre por punción en la vena braquial o yugular de cada ave en edad adulta; se colectaron 0.2 ml, los cuales fueron conservados en tarjetas Whatman™ FTA™ (GE Healthcare) (tecnología para obtener, aislar, transportar y archivar ácidos nucleicos a temperatura ambiente). En total se muestrearon 107 aves; 96 especímenes de guajolote autóctono procedentes de las localidades indígenas; tres especímenes silvestres y ocho híbridos comerciales. El total de individuos para el análisis de la región control fue de 22 que correspondieron a 17 de guajolote autóctono (tres individuos por localidad a excepción de Xochitlán con dos), dos silvestres y tres híbridos comerciales; para la región del código de barras se valoraron 20 individuos: 17 de guajolote autóctono (tres de cada una de las localidades de Zongozotla, Buena Vista y Tlacotepec; dos en Kapola y Xochitlán; cuatro en Metzontla) y tres de pavo híbrido comercial.

La extracción ADN se realizó inicialmente en el laboratorio de uso común del IFIT del Colegio de Postgraduados y posteriormente en el laboratorio de Genética de la Conser-

Cuadro 1. Sitios de colecta de guajolote autóctono, silvestre e híbrido comercial

Localidad, Municipio y estado	Coordenadas	Tipo de ecosistema	Fecha de muestreo	Tipo de guajolote
Zongozotla, Puebla Totonacos	19°56'00" y 20°00'00" latitud norte. 97°38'54" 97°46'36" longitud occidental	Bosque mesófilo de montaña; bosques de pino, encino y ocote	Julio 2012	Autóctono
Los Reyes Metzontla-Zapotitlán Salinas, Puebla. Popolocas	18°07'18" y 18°26'00' latitud norte. 97°19'24"y 97°39'06" longitud occidental	Matorral xerófilo	Agosto 2012	Autóctono
Buena Vista-San Sebastián Tlacotepec, Puebla Mazatecos	18°14'12" y 18°31'00" latitud norte. 96°43'00" 96°55'24" longitud occidental	Bosque mesófilo de montaña; bosque de niebla	Mayo 2013	Autóctono
Tlacotepec- San Sebastián Tlacotepec, Puebla Nahuas	18°14'12" y 18°31'00" latitud norte. 96°43'00" y 96°55'24" longitud occidental	Selva alta perennifolia	Mayo 2013	Autóctono
Kapola- Cuetzálan del Progreso, Puebla Nahuas	19°57'00" y 20°05'18" latitud norte. 97°24'36" y 97°34'54" longitud occidental	Bosque mesófilo de montaña	Marzo 2013	Autóctono
Xochitlán de Vicente Suárez, Puebla Nahuas	19°54'00" y 20°00'42" latitud norte. 97°36'18" y 97°41'36" longitud occidental	Bosque mesófilo de montaña	Marzo 2013	Autóctono
Sierra fría – San José de Gracia, Aguascalientes	22°09' latitud norte. 97°24'36" y 102°22' longitud oeste	Bosques de pino y encino	Noviembre 2011 Mayo 2013	Silvestre
Amecameca, Estado de México	19°3'12" y 19°11'2" latitud norte 98°37'34" y 98°49'10" longitud occidental	Granja	Abril 2012	Híbrido comercial
Pachuca, Hidalgo	20°, 07' y 21" latitud norte 98°, 44' y 09" longitud oeste	Granja	Mayo 2012	Híbrido comercial



1 Zongozotla, 2 Kapola, 3 Xochitlán, 4 Tlacotepec, 5 Buenavista, 6 Los Reyes Metzontla, 7 Sierra Fría

Figura 1. Localización de las regiones de estudio para guajolote autóctono y silvestre.

Fuente: elaboración propia

vacación del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México; el protocolo utilizado fue el conocido como fenol-cloroformo (Falcón y Valera, 2007) ocupando un fragmento de la tarjeta de colecta mencionada de 1.2mm. Las pruebas de control de calidad y cuantificación del ADN se efectuaron por electroforesis en geles de agarosa al 3% teñido con rojo-gel.

3.2.3 Amplificación y secuenciación de la región control (D-Loop)

La amplificación de la región control se realizó en 22 individuos, con los *primers* T11553F (5'GTTGTTCTCAACTACGGGAAC 3') y T16032R (5'TCGACCGAGGAACCAGAGG 3') (Speller *et al.* 2009b) que amplifican 441 pares de bases (pb).

Cada reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para amplificación se realizó en 12.49 µl que contuvo lo siguiente: 2 µl de agua ultrapura, 6.25 µl de trehalosa 10%, 1.25 µl de 10x buffer, 0.625 µl de Mg Cl₂ (50mM), 0.125 µl de *primer* T15533F, 0.125 µl de *primer* T16032R, 0.0625 µl de dNTP, 0.06 µl de Platinum® *taq* (Invitrogen) y 2µl de ADN. El régimen de amplificación fue el siguiente: 2 min 96°C seguido de 35 ciclos de 30 s 96°C, 30 s 60°C y 1 min 72°C, con una extensión final de 10 min 72°C; se utilizó un termociclador Eppendorf- vapo.protec. Dos µl de los productos de PCR fueron visualizados en un gel de agarosa al 3% teñido con red-gel a un régimen de 110v durante 25 minutos. Las amplificaciones produjeron bandas individuales bien definidas y, por lo tanto, se enviaron 5 µl de dichos productos de PCR para su purificación y secuenciación con el primer forward a la compañía Macrogen Inc., Seoul, Korea. Los cromatogramas obtenidos fueron visualizados y alineados en el software Sequencher 5.3 Gene Codes (2014). Para el análisis se obtuvieron, tres secuencias de banco de genes, una de España (gi5523584138) y otras dos como grupos de comparación (gi190336202T.obscurus) (FJ799742.1 T. szechenyii); las secuencias se alinearon con el programa Clustal W (2007), se realizó una prueba de modelos para la región control en la cual resultó el modelo HKY (I) con el Bayesian information criterion (BIC), el cual se utilizó como modelo en la inferencia de la filogenia con Máxima verosimilitud (ML) con 500 repeticiones de bootstrap; estos análisis se implementaron en Mega 6.0. (Tamura *et al.* 2013). Por otro lado el análisis de polimorfismo de nucleótidos dentro y entre poblaciones se realizó en DnaSP v5 (Librado y Rozas, 2009). Posteriormente, con el propósito de conocer la ubicación genética de las secuencias obtenidas con otras secuencias publicadas de D-loop en *Meleagris gallopavo* se seleccionaron 19 secuencias: GQ303154-GQ303165 (Speller *et al.* 2009b) resultado de un estudio en las que se incluyen muestras de sitios arqueológicos, de pavos comerciales modernos así como de *M.g.gallopavo*; AF487118.1, AF487057.1, AF486984.1, AF486925.1, AF486953.1, AF486960 y AF486967 en su totalidad de especímenes silvestres (Mock *et al.* 2002). Estas accesiones se obtuvieron del NCBI (National Center for Biotechnology Information) con lo que se reconstruyó nuevamente la filogenia con haplotipos únicos, con los métodos de distancias en la aproximación de Neighbor-Joining con el modelo Maximum Composite Likelihood, así como con el método de ML con el modelo HKY+ 1.

3.2.4 Amplificación y secuenciación del citocromo oxidasa I

Para la amplificación del COI se amplificaron 749 pb mediante el uso de los *primers* Bird F1 (TTCTCCAACCACAAAGACATTGGCAC) y Bird R1 (ACGTGGGAGATAATTCCAAATCCTG) (Hebert *et al.* 2004). La mezcla de cada reacción de PCR fue de 12.49 µl que incluyó lo siguiente: 2 µl de agua ultrapura, 6.25 µl de trehalosa al 10%, 1.25 µl de 10x buffer, 0.625 µl de Mg Cl₂ (50mM), 0.125 µl de *primer* bird F1, 0.125 µl de *primer* bird R1, 0.0625 µl de dNTP, 0.06 µl de Platinum® *taq* (Invitrogen) y 2 µl de ADN. El régimen de amplificación fue el siguiente: 1 min 94°C seguido de 5 ciclos de 30 s 94°C, 40 s 48 °C y 1 min en 72 °C seguido a su vez de 35 ciclos de 30 s en 94°C, 40 s en 51°C y 1 min 72°C y al final 10 min 72°C; se utilizó un termociclador Eppendorf- vapo.protec. Dos µl de los productos de PCR fueron visualizados en un gel de agarosa al 3% teñidos con red-gel a un régimen de 110v durante 25 minutos, siguiendo el mismo proceso para la obtención de secuencias que para la región control.

3.3 Resultados y discusión

Región control

Las amplificaciones resultantes de la región control fueron de 441 pb para las 22 muestras. Para el análisis se utilizaron 438 pb de las cuales 6 fueron variables: dos sitios informativos en parsimonia y cuatro singletones (Cuadro 2).

La reconstrucción de la filogenia con ML (Figura 3) muestra que el grupo de secuencias que se analizaron forman un grupo, con 99% de posibilidad de que sea correcto; por otro lado ubica a un individuo silvestre de Aguascalientes como el posible ancestro de esta población en donde se incluye la secuencia que se obtuvo del NCBI de España; dentro de este grupo se forman dos grupos, uno con dos individuos, uno de Z y otro de X y otro con cinco que corresponden a Kapola (2), Metzontla (2) y Zongozotla (1), que se ubican en diferentes regiones geográficas de Puebla. El soporte de estas subdivisiones del grupo son menores a las que señala Felsenstein (1985), sin embargo esta información

Cuadro 2. Sitios polimórficos y haplotipos generados en el gen D-loop en guajolotes autóctonos, silvestres e híbridos comerciales

Localidad	N	pb	Haplotipos (6)						Sitios variables singletones: 4				Sitios informativos parsimonia: 2	
			Posición						Posición				Posición	
			1	2	3	4	5	6	129	140	162	222	284	374
Z (Zongozotla)	3	441	1	1	1				0	0	0	0	Z8	Z7
X (Xochitlán)	2	441			1	1			0	0	0	X2	X1	0
BV (Buenavista)	3	441	3						0	BV1	0	0	0	0
T (Tlacotepec)	3	441	3						0	0	0	0	0	0
K (Kapola)	3	441	1	2					0	0	0	0	0	K7, K8
M (Los Reyes Metzontla)	3	441	1	2					0	0	0	0	0	M13, M14
Ag-silvestre (Aguascalientes)	2	441	1					1	0	0	Ag2	0	0	0
HCH (Híbridos comerciales)	2	441	1				1		HCH2	0	0	0	0	0
HL(Híbridos comerciales)	1	441	1											
Total	22	438	13	5	2	1	1	1	1	1	1	1	2	5

permite señalar polimorfismo dentro de la población que se analizó. Por otro lado el análisis de variación dentro de poblaciones (cuadro 2) señala seis haplotipos en la población, de estas el haplotipo1 ésta representado con 13 individuos, que incluyen al menos un individuo de cada sitio de muestreo excepto X; el haplotipo 2 tiene 5 individuos colectados en Z, K, M; el haplotipo 3 con dos individuos, uno de Z y otro de X, los otros con un solo individuo.

El análisis de variación dentro de las poblaciones, es menor y se presenta polimorfismo en la mayoría de la población, excepto en Tlacotepec, donde todos los individuos tienen la misma composición genética; Zongozotla es el que presentó mayor polimorfismo con

tres haplotipos, seguido de X, M, K, AG, HCH con dos. Este polimorfismo está asociado a los sitios de cambio, que corresponden a los sitios 284 y 374 de la secuencia analizada

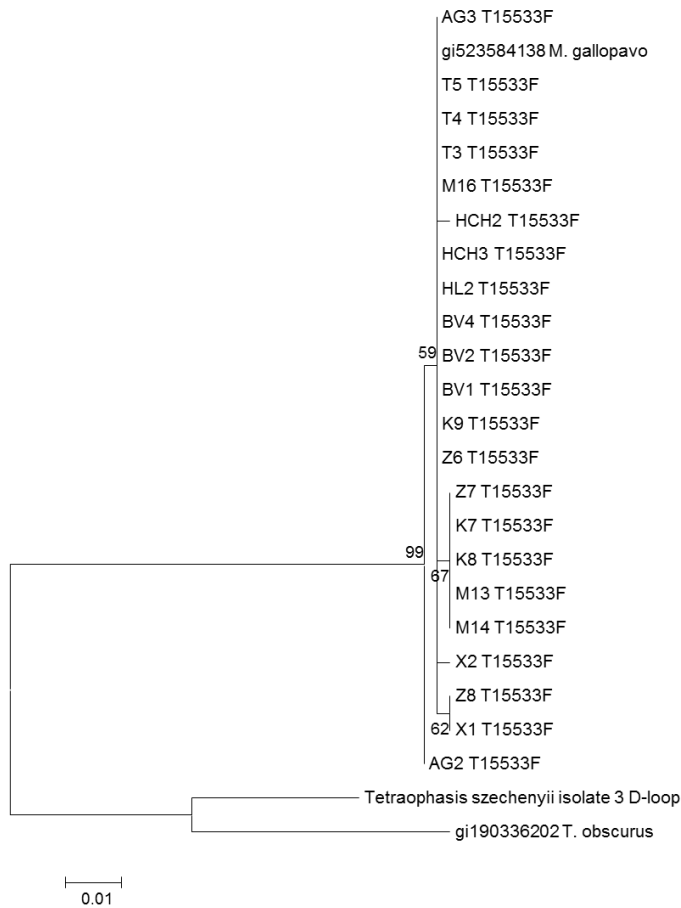


Figura 2. Reconstrucción de la filogenia de *Meleagris gallopavo*, de la región control de la mitocondria con ML, modelo HKY y 500 repeticiones de Bootstrap

(Cuadro 2).

Finalmente los resultados de la inferencia de la filogenia de los haplotipos de este estudio más las secuencias del NCBI, señala resultados similares (Figura 4); ubica un individuo silvestre de Aguascalientes (Hap 6) como el ancestro y a los haplotipos 1, 2, 34 y 5 formando un grupo con un soporte confiable que incluye las poblaciones consideradas para este estudio así como individuos de España y E.U.A; dentro de este último se encuentra el mHap2 integrado por *M. g. gallopavo* que como se ha mencionado se

asume como la subespecie que dió origen al guajolote doméstico y también el mHap1 integrado por pavos comerciales. Esta información corrobora que las poblaciones de



Figura 3. Inferencia de la filogenia de *Meleagris gallopavo*, de la región control de la mitocondria por haplotipos con ML con HKY+I (0.77).

México en su conjunto y los individuos relacionados con ellas, son el origen del otro gran grupo integrado por individuos silvestres y secuencias obtenidas de restos arqueológicos de coprolitos y huesos de *Meleagris gallopavo* (aHap1a,b,c,d y aHap2 b, c, d e) reportados como cercanos a las subespecies silvestres *silvestris*, *merriami*, *intermedia* y *gould*.

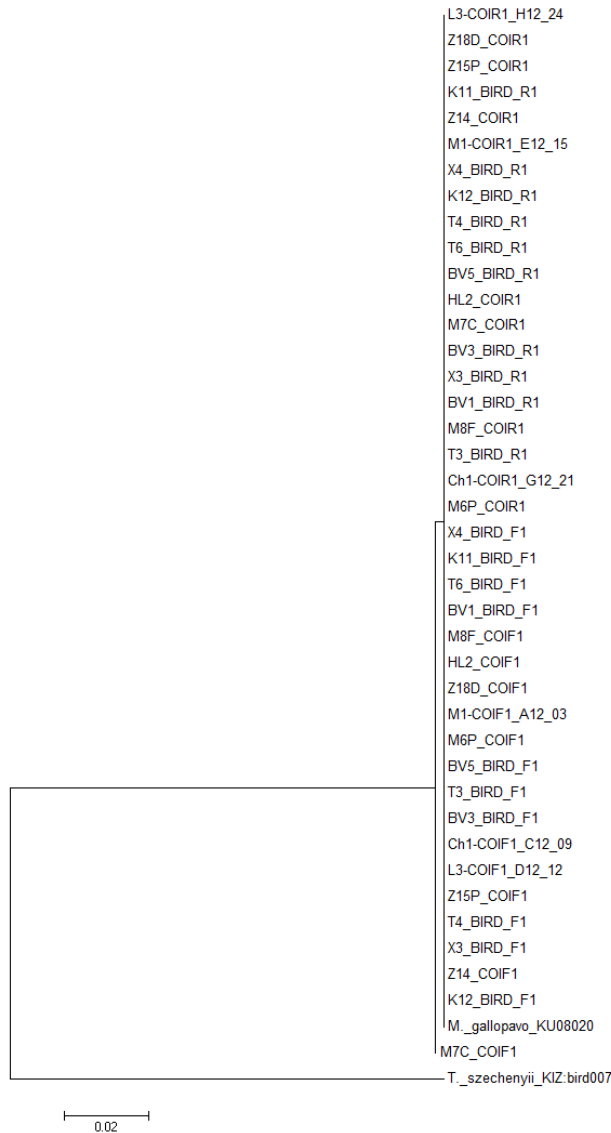
En su conjunto, el análisis de la región control de la mitocondria de la población de guajolotes de México y la inclusión de secuencias de otras regiones geográficas, señalan que, dentro de esta región existe polimorfismo que puede ayudar a conocer y permitir la conservación de esta riqueza genética: en esta región se encontraron 6 haplotipos de los cuales el Hap1 es el que tiene una mayor distribución no solo en México dentro de la

población de silvestre, de autóctonos e híbridos comerciales, sino que también está presente en España y Estados Unidos. Por otro lado en el árbol filogenético se ubican a los haplotipos 3 y 4 que los conforman individuos de la población autóctona X y Z que, en términos de conservación de la biodiversidad, al ser un número de especímenes menor que el del haplotipo 1, se pueden señalar como sitios prioritarios a las localidades de estas etnias, como resguardo de la diversidad genética de estas aves que se tiene que conservar. Por otro lado, en la inferencia de la filogenia que se realizó, los resultados ubican a *M.g. mexicana* (ejemplar de la Sierra fría de Aguascalientes) como el posible ancestro de toda población. Speller *et al.* (2009), registran a la misma subespecie como ancestro de las poblaciones de guajolote que estudiaron, pero las accesiones correspondientes se ubican de forma distinta en el árbol obtenido en esta investigación (Figura 4, gi21069651 gi284798703 gi284798701) quedando dentro del gran grupo formado por las aves provenientes de los E. U. A. Sería importante, para poder señalar con certeza la ubicación de los ancestros, realizar un análisis más amplio en el muestreo de guajolotes, tanto autóctonos de México, como de otros sitios geográficos y hacer uso de otros marcadores para mejorar la definición.

Región del código de barras

Las amplificaciones resultantes de la PCR fueron de 749 pb para todas las muestras (n=20) de la región del código de barras. Fueron secuenciados 17 guajolotes autóctonos y tres híbridos comerciales; una vez ensambladas las secuencias se realizó la lectura correspondiente de aminoácidos (en la primera posición) para confirmar las secuencias mitocondriales. No se encontró variación, de allí que se concluya que el citocromo oxidasa I no es informativo para el caso del guajolote autóctono del centro de México. En la figura 4 se observan los diferentes individuos de cada una de las localidades indígenas así como dos accesiones correspondientes a *Meleagris gallopavo* de South Korea KU08020 y *Tetraophasis szechenyii* FJ752428.1 como comparativo disponible en el Gen Bank.

Si bien, Kerr *et al.* (2007) consideran al código de barras una herramienta poderosa para probar la evidencia de aislamiento reproductivo entre linajes, para el caso del guajolote autóctono, su utilidad es limitada.



M= Metzontla, BV= Buena Vista, HCH-HL= Híbridos comerciales, T= Tlacotepec, K= Kapola, Z= Zongozotla, X= Xochitlán

Figura 4. Reconstrucción de la filogenia del gen COI para 20 secuencias de guajolotes autóctonos e híbridos comerciales.

No obstante los resultados del análisis en el gen COI para la valoración de la diversidad del guajolote autóctono, el contar con secuencias de esta región mitocondrial es una información susceptible de integrarse a sistemas como el Barcode of Life Data Systems (Bold) (v. 2.5) que tiene como propósito el descubrimiento e identificación de especies mediante el análisis de regiones genómicas cortas y estandarizadas; es decir, es un banco de trabajo de la informática que ayuda a la adquisición, almacenamiento, análisis

y publicación de los registros de códigos de barras de ADN de muchísimas especies (Ratnasingham y Hebert, 2007).

3.4 Conclusiones

El guajolote autóctono presenta muy poca diversidad genética a nivel mitocondrial evidenciada por dos marcadores, el CO1 donde no hubo ninguna variación y el Dloop donde hubo una reducida variación en los fragmentos analizados.

El gen COI tiene poca utilidad para valorar la diversidad genética dentro y entre las poblaciones del guajolote autóctono así como con respecto a los guajolotes silvestres e híbridos comerciales. Por otro lado el gen D-loop presenta bajos niveles de polimorfismo, que permiten ver un proceso de diversificación de la especie, sin que esto esté asociado a las características morfológicas de los individuos o las regiones geográficas en las cuales se colectaron. La ubicación del individuo silvestre Ag2 sin embargo, para el caso del gen mitocondrial D-loop, se puede señalar como probable ancestro y a pesar de que se encontraron pocas mutaciones en la lectura de las secuencias, éstas aportan información relevante respecto a la formación de haplotipos con especímenes de diversas localidades con diferente manejo de acuerdo al grupo étnico y entorno, siendo estas poblaciones de México en su conjunto y los individuos relacionados con ellas, el origen del otro gran grupo integrado por guajolotes silvestres provenientes de E.U.A. Se recomienda ampliar el muestreo para un mayor soporte y definición acerca del comportamiento filogenético de *Meleagris gallopavo* incluyendo el uso de otros marcadores.

3.5 Literatura citada

Aslam, M L., John WM Bastiaansen., Richard PMA Crooijmans, *et al.* 2011. Genetic variances, heritabilities and maternal effects on body weight, breast meat yield, meat quality traits and the shape of the growth curve in turkey birds. BMC Genetics 12:14

- Barker F. K., Mariah K. Benesh., Arion J. Vandergon., Scott M. Lanyon. 2012. Contrasting Evolutionary Dynamics and Information Content of the Avian Mitochondrial Control Region and ND2 Gene. PLoS ONE 7(10): e46403. doi:10.1371/journal.pone.0046403
- Boege, S., E. 2007. Territorios y diversidad biológica: la agrobiodiversidad de los pueblos indígenas de México. Capítulo VII. *In: Biodiversidad y Conocimiento Tradicional en la Sociedad Rural: entre el bien común y la propiedad privada.* L. Concheiro Bórquez. y F, López Bárcenas (Comps.) México, Febrero 2007. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Cámara de diputados, LX legislatura en convenio con la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. pp: 247-308.
- Burt, W. D., D. R. Morrice, A. Sewalem, J. Smith, I. R. Paton, *et al.* 2003. Preliminary linkage map of the Turkey (*Meleagris gallopavo*) based on microsatellite markers. *Animal Genetics* 34: 399–409.
- Chassin N., O., R. López-Zavala., H. Cano-Camacho., E. Suárez-Corona., A. Juárez-Caratachea., *et al.* 2005. Diversidad y similitud genética entre poblaciones de guajolotes mexicanos utilizando un método de amplificación aleatorio de ADN polimórfico (RAPD). *Técnica Pecuaria en México* 43: 415-424.
- Clements, J. F., T. S. Schulenberg., M. J. Iliff., B.L. Sullivan, and C. L.Wood. 2009. The Clements checklist of birds of the world: Version 6.4
- Contreras C., M., E. 2011. Análisis genético molecular de una parvada de guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) mediante microsatélites. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 40p.
- Crawford R.,D. 1992. Introduction to Europe and diffusion of domesticated turkeys from the America. *Archivos de Zootecnia* 41: 307–314.
- Dalloul, R. A., J. A. Long, A. V. Zimin, L. Aslam, K. Beal, *et al.* (2010) Multi-Platform Next-Generation Sequencing of the Domestic Turkey (*Meleagris gallopavo*). *Genome Assembly and Analysis.* PLoS Biology. 8 (9). 21p.

- Falcón L.I., Aldo Valera. 2007. Extracción de ácidos nucleicos. Las herramientas moleculares. Capítulo16. *In*: La ecología molecular. Luis E. Eguiarte, Valeria Souza y Xitlali Aguirre (Comps). Instituto Nacional de Ecología, Semarnat.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* 39:783-791.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Editado por Dafydd Pilling y Bárbara Rischkowsky. Roma. Consultada 28 Julio 2011. (<http://www.fao.org/docrep/011/a1250s/a1250s00.htm> (traducción de la versión original en inglés, 2007) pp. 123-129.
- Hasegawa M, Kishino H, Yano T. 1985. Dating of the human-ape splitting by a molecular clock of mitochondrial DNA. *Mol Evol.* 1985;22(2):160-74.
- Hajibabaei, M., G. A. C. Singer C., P. D. Hebert N., D. A. Hickey. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends in Genetics.* Elsevier 23 (4). 6p.
- Hebert P.D.N., M. Y. Stoeckle., T. S. Zemlak. , C. M. Francis. 2004. Identification of birds through DNA barcodes. *PLoS Biology* 2(10): 7p.
- Herrera C., B., E., J. Miranda T., A. Delgado A. 2010. Conocimiento tradicional, predictores climáticos y diversidad genética. Lap Lambert Academic Publishing. 49 p.
- Jin S.D., Md. R. Hoque., D. W. Seo., W. K. Paek *et al.* 2014. Phylogenetic analysis between domestic and wild duck species in Korea using mtDNA d-loop sequences. *Molecular Biology Reports.* Volume 41, Issue 3, pp 1645-1652.
- Kamara D., K. B. Gyenai., T. Geng., H. Hammade., and E. J. Smith. 2007. Microsatellite Marker-Based Genetic Analysis of Relatedness Between Commercial and Heritage Turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Poultry Science* 86:46–49

- Kerr, R.C.K., M. Stoeckle Y., C. Dove J., L. Weigt A., C. Francis M., P. Hebert D. 2007. Comprehensive DNA barcode coverage of North American birds. *Molecular Ecology Notes* 7: 535-543.
- Lane, N. 2009. On the origin of bar codes. News feature biodiversity. *Nature* 462: 3p
- Latch E. K., O. E. Rhodes. 2005. The effects of gene flow and population isolation on the genetic structure of reintroduced wild turkey populations: Are genetic signatures of source populations retained? *Conservation Genetics* 6:981–997.
- Larkin M.A., Blackshields G., Brown N.P., Chenna R., McGettigan P.A., McWilliam H., Valentin F., Wallace I.M., Wilm A., Lopez R., Thompson J.D., Gibson T.J. and Higgins D.G. 2007. ClustalW and ClustalX version 2. *Bioinformatics* 23(21): 2947-2948.
- Librado, P. and Rozas, J. 2009. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25: 1451-1452
- López Z., R., H. Cano C., O. Chassin N., M. G. Zavala P. 2006. Estudios moleculares del genoma del guajolote mexicano (*Meleagris gallopavo gallopavo*). Capítulo 8. *In: Uso de los recursos zoogenéticos: los pavos*. J. Santos Hernández Zepeda, Roberto Reséndiz Martínez (Eds). Fomento editorial. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 89-102.
- Mock E. K., T. C. Theimer, O. E. Rhodes Jr., D. L. Greenberg, P. Keim. 2002. Genetic variation across the historical range of the wild turkey (*Meleagris gallopavo*). *Molecular Ecology* 11: 643-657.
- Nacional Research Council (NRC). 1991. Turkey. *Microlivestock: Little-Known Small Animals with a Promising Economic Future*. Washington, DC: National Academies Press 12: 157-166.
- ONU-FAO. 1996. Declaración de Leipzig. *In: Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura*. Roma, Italia. 75 p.

- Ratnasingham, S. & Hebert, P. D. N. (2007). BOLD : The Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org). *Molecular Ecology Notes* 7: 355–364.
- Schorger, A. W. 1966. *The Wild Turkey: Its History and Domestication*. University of Oklahoma Press. 625p.
- Sequencher® version 5.3 sequence analysis software, Gene Codes Corporation, Ann Arbor, MI USA <http://www.genecodes.com>
- Speller, C. F., B. M. Kemp, S. D. Wyatt, C. Monroe, W.D. Lipe, *et al.* 2009. Ancient mitochondrial DNA analysis reveals complexity of indigenous North American turkey domestication. *PNAS early edition*. Edited by Kent V. Flannery, University of Michigan. 6p.
- Speller, C. F., B. M. Kemp, S. D. Wyatt, C. Monroe, W.D. Lipe, *et al.* 2009. Supporting Information. www.pnas.org/cgi/content/short/0909724107
- Szalansky A., Kevin E. Church., David W. Oates., Richard Bischof., *et al.* 2000. Mitochondrial DNA variation within and among wild turkey (*Meleagris gallopavo*) subspecies. *Transactions of Nebraska Academy of Sciences* 26: 47-53
- Tamura K., G. Stecher., D. Peterson., A. Filipski., S. Kumar. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.
- Valadez A. R., R. Arrellín R. 2000. *Historia Antigua de México. Vol. I: El México antiguo sus áreas culturales, los orígenes y el horizonte Preclásico*. Instituto Nacional de Antropología e Historia; Universidad Nacional Autónoma de México; Coordinación de Humanidades. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Coordinadores: Manzanilla, L. y López, L. L. pp. 297-334

CONCLUSIONES GENERALES

El conocimiento de la crianza de *Meleagris gallopavo* entre las comunidades indígenas mazateca, nahua, totonaca y popoloca del estado de Puebla en alimentación, confinamiento y uso manifiesta coincidencias (asociación) de acuerdo al análisis de correspondencia (Valores de Chi-cuadrada > 0.05); no existe asociación en el tipo de

enfermedades que les afectan y en la supervivencia de los guajolotes (valores de Chi-cuadrada <0.05).

El interés por la cría de pavos no es precisamente de carácter zootécnico, es decir, el de obtener el mayor rendimiento y eficiencia en la conversión alimenticia u otros de tantos parámetros que evalúa la “explotación animal”. Su interés descansa en una cosmovisión diferente ya que el objetivo de la cría del pavo no es solo el económico si no el de ser un satisfactor de lo que representa el gusto por la distinción. Esta situación privilegia la convivencia y el intercambio permanente de forma local, teniendo lugar todo el proceso, desde la adquisición del pie de cría hasta su destino final, dentro de la mismas comunidades, salvo algunas excepciones de intercambio con poblaciones cercanas, lo que coadyuva a la conservación de una variedad no mezclada con especímenes manipulados genéticamente, que serían incapaces de adaptarse con éxito a las condiciones extremas en lo referente a manejo en confinamiento, alimentación y sanidad de estas comunidades.

Las características morfológicas de hembras y machos de guajolote autóctono, si bien se ven influenciadas por el entorno, el manejo y tipo de plumaje, pudiéndose distinguir algunas variables entre localidades, es importante señalar que las diferencias son insuficientes para discriminar grupos o variedades por localidad. El peso y la longitud del tarso explican tanto en las de hembras como en los machos la variabilidad. La morfología de hembras y machos de guajolote autóctono en las localidades indígenas del Centro de México, posee características peculiares que comparte con otras poblaciones de guajolote autóctono en México destacando la diversidad del plumaje dentro y entre poblaciones, condición que comparte con su ancestro el guajolote Mesoamericano, a su vez se distingue de otras razas y variedades de guajolote doméstico tanto de México como de otros lugares del mundo, por lo que podría ser susceptible de proponerse como variedad, raza o ecotipo.

En las poblaciones de guajolote autóctono de las localidades indígenas Los Reyes Metzontla, Zongozotla, Kapola, Xochitlán, Tlacotepec y Buena Vista del estado de Puebla en el Centro de México los resultado de la valoración de los genes mitocondriales D-Loop y COI indican que el citocromo oxidasa I (COI) no es informativo por lo que su

utilidad en la valoración de la diversidad del guajolote autóctono es limitada. En tanto el gen D-Loop, presentó polimorfismo dentro y entre las poblaciones. En la reconstrucción de la filogenia con la inclusión de secuencias publicadas en el banco de genes de otras regiones geográficas señala que los guajolotes autóctonos de México conservan información genética, de la cual derivan las subpoblaciones de otras regiones.