



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

### **EVALUACIÓN DEL TIPO GENÉTICO Y LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LAS EXPLOTACIONES OVINAS DEL ALTIPLANO DE PUEBLA Y TLAXCALA**

**IGNACIO VÁZQUEZ MARTÍNEZ**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

**DOCTOR EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA

2016



SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN  
CAMPUS PUEBLA

## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03

### CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Ignacio Vázquez Martínez**, 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. Samuel Vargas López**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Evaluación del tipo genético y la eficiencia técnica y económica en las explotaciones ovinas del altiplano de Puebla y Tlaxcala**, 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.

Puebla, Puebla, 19 de abril del 2016.



---

Ignacio Vázquez Martínez



---

Vo. Bo. Profesor Consejero  
Dr. Samuel Vargas López

La presente tesis, titulada: **Evaluación del tipo genético y la eficiencia técnica y económica en las explotaciones ovinas del altiplano de Puebla y Tlaxcala**, realizada por el alumno: **Ignacio Vázquez Martínez**, 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

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

  
DR. SAMUEL VARGAS LÓPEZ

ASESOR:

  
DR. ÁNGEL BUSTAMANTE GONZÁLEZ

ASESOR:

  
DR. JOSÉ LUIS JARAMILLO VILLANUEVA

ASESOR:

  
DR. FRANCISCO CALDERÓN SÁNCHEZ

ASESOR:

  
DR. GLAFIRO TORRES HERNÁNDEZ

Puebla, Puebla, México, 20 de mayo del 2016

# EVALUACIÓN DEL TIPO GENÉTICO Y LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA EN LAS EXPLOTACIONES OVINAS DEL ALTIPLANO DE PUEBLA Y TLAXCALA

Ignacio Vázquez Martínez, Dr.  
Colegio de Posgraduados, 2016

Con el objetivo de analizar la estructura de explotaciones, el tipo genético de ovejas y la eficiencia técnica-económica en la producción de ovinos se estudió una muestra de 221 explotaciones y 2039 ovejas del altiplano de Puebla y Tlaxcala. Las etapas del trabajo fueron: a) tipificación del sistema de producción, b) caracterización del morfotipo de ovinos y c) estimación de la eficiencia técnica. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS con los procedimientos cluster y severity, para la primera y segunda etapa, respectivamente. La eficiencia técnica se estimó con el análisis envolvente de datos con el programa DEAP. Se identificó tres tipos de explotaciones ovinas: familiares de subsistencia (60.63%), asociación ovino-cereales (32.12%) y extensivas de montaña (7.25%). El morfotipo dominante fue la oveja cara negra que tuvo variación en peso vivo y homogeneidad en las medidas zoométricas, similares a ovinos de poblaciones con escasa selección. El índice global de eficiencia técnica fue 0.485. Por tipo genético la eficiencia técnica es de 0.697 ovinos de lana, 0.525 criollo, 0.485 cara negra y 0.325 ovino de pelo. Los resultados indican que la producción de ovinos es de baja escala con ovejas de tamaño mediano propia de los ambientes frágiles y con oportunidades para tomar decisiones en la asignación de recursos para el manejo de las explotaciones de ovinos del altiplano de Puebla y Tlaxcala.

Palabras clave: eficiencia técnica, morfotipo, población de ovinos, tipificación de explotaciones, zoometría.

# EVALUATION OF THE GENETIC TYPE AND THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY IN THE SHEEP FARMS OF THE HIGH PLATEAU OF PUEBLA AND TLAXCALA

Ignacio Vázquez Martínez Dr  
Colegio de Postgraduados, 2016

With the aim of analyzing the structure of holdings, the genetic type of sheep and the technical-economic efficiency in the production of sheep we studied a sample of 221 farms and 2039 sheep in the Highlands of Puebla and Tlaxcala. The stages of the work were: a) sorting of the production system, b) characterization of the morphotype sheep and c) estimation of technical efficiency. The statistical analysis was performed with the statistical package SAS procedure cluster and severity, for the first and second stage, respectively. Technical efficiency was estimated with the enveloping analysis of data with the program DEAP. Were identified three types of sheep farms: related to the self-consumption (60.63%), ovine-cereals association (32.12%) and extensive mountain (7.25%). The dominant morphotype was the black face sheep which had variation in body liveweight and uniformity in the zoometric measures, similar to sheep of populations with scarce selection. The global index of technical efficiency was 0.485. By genetic technical efficiency is 0.697 in sheep of wool, 0.525 Creole, 0.485 black face and 0.325 sheep hair. The results indicate that sheep production is low scale with medium sized sheep own fragile environments and with opportunities to make decisions on the allocation of resources for the management of the farms of sheep in the high plateau of Puebla and Tlaxcala.

Keywords: technical efficiency, morphotype, sheep population, classification of holdings, body traits.

## AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Posgraduados Campus Puebla, por darme la oportunidad en mi formación académica.

Al Dr. Samuel Vargas López por ser un gran amigo, excelente asesor y por su apoyo en la dirección de la investigación de trabajo de tesis.

A los Drs. Ángel Bustamante González, José Luís Jaramillo Villanueva, Francisco Calderón Sánchez, Dr. Glafiro Torres Hernández y Wolfgang Pittroff, por su asesoría para la realización de esta tesis y su valiosa amistad.

A mi consejo particular por todos sus aportes y sus conocimientos brindados para la realización y culminación de la tesis.

A los productores: del altiplano de Puebla y Tlaxcala, por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo de campo.

A mis hermanas, sobrinos, amigos en especial a Rodrigo, Javier, Alejandro, Luis, Hugo de la generación 2010 de IAF-BUAP y demás personas que de alguna manera me apoyaron para la culminación del trabajo de tesis y durante mi formación académica.

## DEDICATORIA

A mi Padre †

*Por su amor, consejos y aprendizajes, siempre los tendré presentes...*

A mi esposa Yaredy

*Por su inmenso amor, paciencia y comprensión...*

A mi pequeño campeón Nachito

*Para ser un buen ejemplo y eliminar la palabra "No puedo"*

A mi princesa Monse

*Por sus sonrisas inocentes...*

# CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
Objetivos.....	5
Hipótesis.....	5
Literatura citada.....	6
<b>CAPÍTULO I. ESTRUCTURA Y TIPOLOGÍA DE LAS EXPLOTACIONES OVINAS DE ZONA TEMPLADA DE PUEBLA Y TLAXCALA, MÉXICO</b> .....	10
1.1. RESUMEN.....	10
1.2. ABSTRACT.....	11
1.3. INTRODUCCIÓN.....	11
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
1.4.1. Área de estudio .....	13
1.4.2. Registro de datos.....	13
1.4.3. Análisis estadísticos.....	14
1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
1.5.1. Estructura del sistema de producción de ovinos.....	14
1.5.2. Los factores de la producción de ovinos.....	16
1.5.3. Tipología de explotaciones ovinas.....	18
1.6. CONCLUSIONES.....	23
1.7. LITERATURA CITADA.....	24
<b>CAPITULO II. AJUSTE DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DEL PESO VIVO Y MEDIDAS ZOOMÉTRICAS DE LAS OVEJAS CARA NEGRA EN LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO</b> .....	28
2.1. Resumen.....	28
2.2. Introducción.....	29
2.3. Materiales y métodos.....	31
2.4.1. Área de estudio.....	31



2.3.2. Registro de datos.....	32
2.3.3. Análisis estadísticos.....	33
2.4. Resultados.....	34
2.4.1. Peso.....	34
2.4.2. Medidas de la cabeza y orejas.....	36
2.4.3. Medidas del cuerpo.....	39
2.4.4. Extremidades.....	42
2.4.5. Simulación del peso.....	42
2.5. Conclusiones.....	44
2.6. Referencias .....	44

**CAPÍTULO III. EFICIENCIA TÉCNICA DE EXPLOTACIONES OVINAS CON  
DIFERENTE TIPO GENÉTICO EN CRIANZA EN LA REGIÓN TEMPLADA  
DE PUEBLA Y TLAXCALA.....**

.....	52
3.1. Resumen.....	52
3.2. Introducción.....	52
3.3 Materiales y métodos.....	54
3.3.1. Área de estudio.....	54
3.3.2. Registro de datos.....	57
3.3.3. Estimación de la eficiencia.....	55
3.4. Resultados y Discusión.....	57
3.5. Conclusión.....	63
3.6. Referencias.....	64
4.0. <b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO I		Página
Cuadro 1	Estructura factorial de las explotaciones ovinas en los estados de Puebla y Tlaxcala.....	17
Cuadro 2	Medias mínimo cuadráticas de la tipificación de explotaciones ovinas de Puebla y Tlaxcala.....	20
Cuadro 3	Medias mínimo cuadráticas de la estructura del rebaño y parámetros productivos de las explotaciones ovinas.....	21
Cuadro 4	Medias mínimo cuadráticas de los costos de producción e ingresos de las explotaciones ovinas.....	22
CAPÍTULO II		
Cuadro 1	Estadísticos descriptivos de peso y medidas zoométricas de ovejas cara negra de Puebla y Tlaxcala.....	36
Cuadro 2	Modelo de distribución del peso y medidas zoométricas de ovejas cara negra.....	39
Cuadro 3	Parámetros estimados del peso vivo con el modelo Burr a partir de las variables zoométricas en ovejas cara negra.....	43
CAPÍTULO III		
Cuadro 1	Estadísticos descriptivos de las variables del modelo DEA.....	58
Cuadro 2	Eficiencia técnica por tipo genético.....	59
Cuadro 3	Cuantiles para la clasificación de explotaciones con diferente tipo genético de ovinos.....	61

## INTRODUCCIÓN GENERAL

En los países en vías de desarrollo los ovinos son parte de los modos de vida de la población rural (Moktan *et al.*, 2008). El tipo de producción dominante es el pastoral, como parte de la agricultura diversificada (Quiroz *et al.*, 2008; Gizaw *et al.*, 2009; Morgan-Davies *et al.*, 2012). En otros estudios los sistemas de producción se clasifican por su grado de intensificación y nivel tecnológico, en tradicionales, transicionales y empresariales (Escobedo-Garrido, 2010; Pérez-Hernández *et al.*, 2011). La finalidad productiva es la venta de corderos para abasto y autoconsumo (Shomo *et al.*, 2010).

En México, el sistema de producción dominante es el tradicional a pequeña escala y mínima inversión de capital (de Lucas-Tron *et al.*, 1997; Espinosa *et al.*, 2004). El tipo de ovinos son criollos y sus cruza con ovinos comerciales. Los factores de la producción son la mano de obra familiar y el uso de mínimos insumos externos (de Lucas Tron *et al.*, 2003). El producto principal son corderos y ovejas de desecho (Partida de la Peña *et al.*, 2009). En el propósito de crianza, los ovinos son una alternativa de ahorro para solventar necesidades económicas y no para satisfacer la demanda del mercado (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

Para lograr un mayor entendimiento de la producción de ovinos se ha caracterizado el sistema de producción, el análisis del tipo de ovinos y estimación del impacto en la explotación (Vázquez-Martínez *et al.*, 2009).

En la caracterización del sistema se establecen tipologías a partir de la diversidad de las explotaciones, las prácticas de manejo y la escala de la producción (Milán *et al.*, 2003; Riveiro *et al.*, 2013). Por los factores de la producción la definen como una ovinocultura con propietarios de pequeña superficie de tierra, bajo nivel educativo, rebaños pequeños y tipos raciales no definidos; que es característico de los sistemas de producción de autoempleo y fuente de ahorro, pero importante como actividad de vida de las familias rurales (Pérez-Hernández *et al.*, 2011). Para crear las tipologías se utilizan análisis factoriales y de agrupación. Como resultado de los estudios de

tipologías se identificaron en México las explotaciones de ovinos de subsistencia, transicionales y extensivas (Vázquez-Martínez *et al.*, 2009). Por el uso de recursos en la alimentación se clasificaron como de ovinos-cereales y uso de recursos múltiples (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011).

Por el tipo genético de ovinos se ha registrado la existencia de una variación fenotípica de las poblaciones (Vargas-López *et al.*, 2012). Los estudios genéticos en ovinos mencionan que la mitocondria se hereda de forma materna, por lo tanto, las cruza presentan el ADN mitocondrial de los ovinos criollos (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009). En la parte ambiental, Silva *et al.* (2013) mencionan que la localización geográfica influye en las medidas zoométricas y en el peso vivo de las poblaciones de ovejas, diferenciando ecotipos. Las medidas corporales se utilizan para la caracterización y diferenciación racial (Kunene *et al.*, 2007; Traoré *et al.*, 2008), forma del cuerpo (Agaviezor *et al.*, 2012), variación fenotípica (Yadav *et al.*, 2013), predicción del peso vivo (Yilmaz *et al.*, 2013) y cambios en el tamaño corporal (Fasae *et al.*, 2005).

En la parte económica, por la demanda no cubierta de carne de ovinos y el alto precio de venta del cordero, resulta atractivo invertir en la compra de insumos y el pago de servicios técnicos (Theodoridis *et al.*, 2012). Esto representa un área de oportunidad para la mejora mediante la optimización de la producción sin comprometer su sostenibilidad (Toro-Mujica *et al.*, 2011). La eficiencia económica de la unidad de producción permite interpretar el efecto de escala de la producción (Gaspar *et al.*, 2011). El productor influye en los costos para obtener el mayor margen de rentabilidad de la explotación (Toro-Mujica *et al.*, 2011; Theodoridis *et al.*, 2012), para producir el máximo beneficio económico con el mínimo uso de recursos (Shomo *et al.*, 2010; Galanopoulos *et al.*, 2011). En general, el productor identifica y selecciona la producción más rentable (Castro *et al.*, 1998). Para lograr lo anterior, Belcher *et al.* (2004) mencionan que se debe aumentar la superficie de tierra, cambio del capital natural e inventario del rebaño.

En este contexto, el presente trabajo tuvo como propósito generar información del sistema de producción, la diversidad de ovinos en las poblaciones y el impacto económico en las explotaciones del altiplano de Puebla y Tlaxcala.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México, la producción de ovinos es a pequeña escala y de tipo familiar llamada también tradicional o social (de Lucas Tron *et al.*, 2003; Partida de la Peña *et al.*, 2009). Es una actividad tradicional inmersa en un sistema de economía diversificada (Vargas-López *et al.*, 2012). Algunos elementos de este modo de producción son: a) dependencia de la tierra, b) la organización familiar como recurso para la producción y c) el uso de ovinos locales (Theodoridis *et al.*, 2012).

Ante la alta demanda de carne de ovinos, las explotaciones tradicionales deben ser eficientes y realizar una producción de bajo costo, de forma que represente un ingreso. En este sentido, se considera que la ovinocultura tradicional es eficiente y capaz de producir productos de calidad, al mismo tiempo, es una opción de autoempleo y fuente de ingreso (de Lucas Tron *et al.*, 2003).

En la parte de la eficiencia técnica, la producción de ovinos carne tiene índices bajos. Los trabajos de Pérez *et al.* (2007), Shomo *et al.* (2010), y Galanopoulos *et al.* (2011) reportaron eficiencia técnica de 0.476, 0.670-0.970 y 0.660, respectivamente. Los resultados de estas investigaciones explican la heterogeneidad de las explotaciones debido a factores ecológicos, tecnológicos, sociales y económicos. La ovinocultura tradicional presenta áreas de mejora en el uso de los recursos y en la reducción de los costos de producción para la generación de ingresos (Vázquez-Martínez *et al.*, 2009; Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011).

Las explotaciones de ovinos del altiplano de Puebla y Tlaxcala se desarrollan en sistemas de economía diversificada y son parte de una estrategia de distribución de riesgos y oportunidades a nivel familiar. El reto de los planes de mejora es maximizar los beneficios de la producción para asegurar la permanencia en el mercado y la sostenibilidad del sistema. Partiendo de la información anterior, la pregunta de investigación es: **¿Cómo los recursos de la unidad de producción y el tipo**

## ***genético de ovinos en crianza influyen en la eficiencia técnica-económica de las explotaciones ovinas del altiplano de Puebla y Tlaxcala?***

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Analizar la estructura de las explotaciones tradicionales ovinas y su relación con el tipo genético para optimizar el nivel de ingreso y mejorar la eficiencia técnica-económica en la producción de carne de ovinos.

#### **Objetivos específicos**

- a) Identificar la estructura del sistema de producción y establecer una tipología de las explotaciones ovinas usando variables sociales, técnicas y económicas.
- b) Analizar las variables corporales y la predicción del peso vivo en las poblaciones de ovejas, para relacionarlas con la forma de producción en el altiplano de Puebla y Tlaxcala.
- c) Estimar la eficiencia técnica de las explotaciones de ovinos y su relación con tipo genético para identificar los factores de la producción y los productos de las explotaciones más eficientes.

### **Hipótesis**

#### **Hipótesis general**

El proceso productivo determina el uso de recursos de la unidad de producción y el tipo genético de ovinos en crianza para incrementar la eficiencia técnica-económica de las explotaciones ovinas del altiplano de Puebla y Tlaxcala.

## Hipótesis específicas

- a) El nivel de uso de recursos y las variables demográficas del productor se relacionan con la estructura productiva y sirven para establecer tipologías en las explotaciones ovinas.
- b) La forma de producción y el ambiente determinan las variables corporales y el peso vivo en las poblaciones de ovejas en el altiplano de Puebla y Tlaxcala.
- c) La productividad del tipo genético de ovino y los ingresos se relacionan con la eficiencia técnica de las explotaciones de ovinos del altiplano de Puebla y Tlaxcala.

## Literatura citada

- Agaviezor, O., Peters S.O., Adefenwa M.A., Yakubu A.O., Adebambo A., Ozoje M.O., Ikeobi C., Wheto M., Ajayi O.O., Amusan S.A., Ekundayo O.J., Sanni T.M., Okpeku M., Onasanya G.O., De Donato M., Ilori B.M., Kizilkaya K., Imumorin I.G. 2012. Morphological and microsatellite DNA diversity of Nigerian indigenous sheep. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 3-38. doi:10.1017/S2078633610000627.
- Belcher, K.W., M.M. Boehm, M.E. Fulton. 2004. Agroecosystem sustainability: a system simulation model approach. *Agricultural Systems*. 79:225-241.
- Castro, P.V., S. Gili, V. Lull, R. Micó, C. Rihuete, R. Risch. M. E. Sanahuja. 1998. teoría de la producción de la vida social. mecanismos de explotación en el sudeste ibérico. *Boletín de Antropología Americana*. 33:25-77.
- de Lucas-Tron, J., González-Padilla, E., Martínez-Rojas, L., Lino, R., 1997. Productive seasonality in ewes of five breeds in the central plateau of Mexico. *Técnica Pecuaria México*. 35:25-31.
- de Lucas Tron, J., L. A. Zarco-Quintero, E. González-Padilla, J. Tórtora-Pérez, A. Villa-Godoy, C. Vásquez-Peláez. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Veterinaria México*. 34(3): 1-12.



- Escobedo-Garrido J.S. 2010. Estructuración de los sistemas productivos que se incorporan en la cadena agroalimentaria de la especie ovina en Chignahuapan, Puebla. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 14(26):240-250.
- Espinosa, G.J.A., González, O.T.A., Tapia N.A.C. 2004. Perspectivas de la producción pecuaria. En: Espinosa GJA, González OTA. Compiladores. GGAVATT Guanajuato, Transferencia de Tecnología Pecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. Libro técnico Núm. 1. p. 7-15.
- Fasae, O.A., Chineke A.C., Alokán J.A. 2005. Relationship between some physical parameters of grazing Yankasa ewes in the humid zone of Nigeria. *Archivos de Zootecnia* 54:639-642.
- Galanopoulos, K., Z. Abas, V. Laga, L. Hatziminaoglou, J. Boyazoglu. 2011. The technical efficiency of transhumance sheep and goat farms and the effect of EU subsidies: Do small farms benefit more than large farms? *Small Ruminant Research*. 100:1-7.
- Galaviz-Rodríguez, J.R., S. Vargas-López, J.L. Zaragoza-Ramírez, A. Bustamante-González, E. Ramírez-Bribiesca, J. de D. Guerrero-Rodríguez, J.S. Hernández-Zepeda. 2011. Evaluación territorial de los sistemas de producción ovina en la región nor-poniente de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2(1):53-68.
- Gaspar, P., F.J. Mesías, M. Escribano, F. Pulido. 2009. Assessing the technical efficiency of extensive livestock farming systems in Extremadura, Spain. *Livestock Science*. 121:7-14.
- Gizaw, S., Komen, H. and van Arendonk, J.A.M. 2009. Optimal village breeding schemes under smallholder sheep farming systems. *Livestock Science*. 124:82-88.
- Kunene, N., Nesamvuni E.A., Fossey A. 2007. Characterization of Zulu (Nguni) sheep using linear body measurements and some environmental factors affecting these measurements. *South. Africa Journal Animal Science*. 37(1):11-20.
- Milán, M.J., E. Arnalte, G. Caja. 2003. Economic profitability and typology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Ruminant Research*. 49:97-105.
- Moktan, M.R., Norbu, L., Nirola, H., Dukpa, K., Rai, T.B., Dorji, R., 2008. Ecological and social aspects of transhumant herding in Bhutan. *Mt. Research Development*. 28:41-48.

- Morgan-Davies, C., T. Waterhouse, R. Wilson. 2012. Characterisation of farmers' responses to policy reforms in Scottish hill farming areas. *Small Ruminant Research* 102:96-107.
- Partida de la Peña, J.A., D. Braña-Varela, y L. Martínez-Rojas. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset. *Técnica Pecuaria México*. 47(3):313-322.
- Pérez-Hernández, P., J. Vilaboa-Arroniz, H. Chalate-Molina, B. Candelaria-Martínez, P. Díaz-Rivera y S. López-Ortiz. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica* 21(4):327-334.
- Pérez J.P., J.M. Gil, I. Sierra. 2007. Technical efficiency of meat sheep production systems in Spain. *Small Ruminant Research*. 69:237-241.
- Quiroz, J., Martinez, A.M., Zaragoza, L., Perezgrovas, R., Vega-Pla, J.L. and Delgado, J.V. 2008. Genetic characterization of the autochthonous sheep populations from Chiapas, Mexico. *Livestock Science*. 116:156-161.
- Riveiro, J.A., A.R. Mantecón, C.J. Álvarez y P. Lavín. 2013. A typological characterization of dairy Assaf breed sheep farms at NW of Spain based on structural factor. *Agricultural Systems*. 120:27-37.
- Silva, M.C., Lopes, F.B. Vaz, C.M.S. Paulini, F. Montesinos, I.S. Fioravanti, M.C.S McManus, C. Sereno J.R.B. 2013. Morphometric traits in Crioula Lanada ewes in Southern Brazil. *Small Ruminant Research*. 110:15-19.
- Shomo, F., M. Ahmed, K. Shideed, A. Aw-Hassan, O. Erkan. 2010. Sources of technical efficiency of sheep production systems in dry areas in Syria. *Small Ruminant Research*. 91:160-169.
- Theodoridis, A., A. Ragkos, D. Roustemis, K. Galanopoulos, Z. Abas, E. Sinapis. 2012. Assessing technical efficiency of Chios sheep farms with data envelopment analysis. *Small Ruminant Research*. 107:85-91.
- Toro-Mujica, P., A. García, A.G. Gómez-Castro, R. Acero, J. Perea, V. Rodríguez-Estévez, C. Aguilar, R. Vera. 2011. Technical efficiency and viability of organic dairy sheep farming systems in a traditional area for sheep production in Spain. *Small Ruminant Research*. 100:89-95.
- Traoré A, Tamboura HH Kabore A Royo L Fernandez J Álvarez I Sangare I Bouchel M Poivey DJP Francois D Toguyeni A Sawadogo L and Goyache F 2008. Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep. *Small Ruminant Research*. 80: 62-67.

- Ulloa-Arvizu, R., A. Gayosso-Vázquez, R. A. Alonso-Morales. 2009. Origen genético del ovino criollo mexicano (*Ovis aries*) por el análisis del gen del Citocromo C Oxidasa subunidad I. *Técnica Pecuaria México*. 47(3):323-328.
- Vargas-López S, Guerrero-Rodríguez JD Rojas-Álvarez J and Bustamante-González A 2012. Phenotypic characterization of the population of creole wool ewes in the highlands of Puebla State, Mexico. *Tropical Animal Health Production* 44:1833-1839.
- Vázquez-Martínez. I., S Vargas L., Zaragoza R. J. L., Bustamante G. Á., Calderón S. F., Rojas Á. F. J., Casiano V. M. Á. 2009. Tipología de explotaciones ovinas en la Sierra Norte del estado de Puebla. *Técnica Pecuaria en México*. 47:357-369.
- Yadav DK, Jain A Kulkarni VS Govindaiah MG Aswathnarayan T and Sadana DK 2013. Classification of four ovine breeds of southern peninsular zone of India: Morphometric study using classical discriminant function analysis. *SpringerPlus* 2-29. <http://www.springerplus.com/content/2/1/29>.
- Yilmaz, M., Altin, T., Karaca, O., Cemal, I., Bardakcioglu, H.E., Yilmaz, O., Taskin, T. 2013. Effect of body condition score at mating on the reproductive performance of Kivircik sheep under an extensive production system. *Tropical Animal Health Production*. 43: 1555–1560.

## CAPÍTULO I

### ESTRUCTURA Y TIPOLOGÍA DE EXPLOTACIONES OVINAS DE ZONA TEMPLADA DE PUEBLA Y TLAXCALA, MÉXICO

3. Vázquez-Martínez<sup>1</sup>, J.L. Jaramillo-Villanueva<sup>1</sup>, A. Bustamante-González<sup>1</sup>, S. Vargas-López<sup>1</sup>, F. Calderón-Sánchez<sup>1</sup>, G. Torres-Hernández<sup>2</sup> y W. Pittroff<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205. Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760 Puebla, México.*

<sup>2</sup> *Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera Federal México- Texcoco. Montecillo Estado de México. C.P.56230. Texcoco, Estado de México, México.*

<sup>3</sup> *College of Natural and Computational Sciences, Mekelle University. Tigray, PO Box 231 Mekelle, Tigray Ethiopia.*

Autor de correspondencia: S. Vargas-López. [svargas@colpos.mx](mailto:svargas@colpos.mx)

#### 1.1. RESUMEN

En México, existe escasa información de la producción de ovinos de zonas de clima templado, a pesar de representar un importante medio de vida para la población rural. Este estudio tuvo como objetivo analizar la estructura de los sistemas de producción y tipificar las explotaciones ovinas de la región templada de los estados de Puebla y Tlaxcala. Se aplicó un cuestionario, basado en variables sociales y técnico-económicas a una muestra estadística de 221 productores de ovinos. La estructura del sistema de producción se determinó con análisis factorial. Las tipologías de las explotaciones ovinas se agruparon con análisis cluster. El análisis factorial identificó al tamaño del rebaño, la producción de corderos, a la compra y producción de granos y forrajes como las variables que explicaron la mayor varianza de las explotaciones. Se identificaron tres tipos de explotaciones: familiares de subsistencia (60.6%), asociación ovino-cereales (32.1%) y explotaciones extensivas de montaña (7.2%). En la región de

estudio, la producción de ovinos depende del tamaño del rebaño, de la producción y disponibilidad de forraje nativo y de la disponibilidad de mano de obra para generar ingresos económicos.

Palabras clave: clasificación de explotaciones, perfil de productor, rebaño ovino, sistema de producción.

## **1.2. ABSTRACT**

In Mexico, there is a little information on the production of sheep in zones of temperate climate, although it is an important part of the livelihood of the rural population. This study aimed to analyze the structure of the production systems and the type of sheep farms in temperate areas of the states of Puebla and Tlaxcala. A questionnaire, designed with social, technical and economic variables, was applied to a statistical sample of 221 sheep producers. The structure of the production system was determined by factor analysis. The types of sheep farms were grouped with cluster analysis. Factor analysis identified the size of the flock, lamb production, grain production, and the production and purchase of fodder as the variables that explain the highest variance of farms. Subsistence family systems (60.6%), sheep-cereals systems (32.1%), and extensive mountain systems (7.2%) were the three production systems identified. In the study region, the production of sheep depends on the size of the flock, of the production and availability of native forages, and of the availability of labor to generate income.

Keywords: Farm typology, farmer profile, sheep flock, production system.

## **1.3. INTRODUCCIÓN**

En México, la ovinocultura se desarrolla en diferentes regiones y es condicionada por la disponibilidad de recursos y el mercado (Pérez-Hernández *et al.*, 2011; Vázquez-Martínez *et al.*, 2009). El tamaño y el nivel de productividad de las explotaciones ovinas está determinada por la dimensión de la superficie agrícola, del tamaño del rebaño y cantidad de ovejas para cría (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011). Estos factores impiden satisfacer la demanda nacional de carne, lo que ha implicado mayor dependencia de las importaciones para cubrir la demanda del país (Partida de la Peña *et al.*, 2009).

En el centro de país predomina el sistema de producción extensivo de zonas rurales de montaña, sierra y valles. En este tipo de explotaciones el objetivo de la producción es el ahorro y la capitalización de la unidad de producción. El tipo genético de los ovinos consiste en cruces de Suffolk, Criollos y otras razas en menor proporción (Vázquez-Martínez *et al.*, 2009). La alimentación del rebaño depende de la vegetación natural y residuos de las cosechas de la agricultura de temporal (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011). La mano de obra es de tipo familiar y se emplea en el pastoreo del rebaño y las prácticas de manejo (Pérez-Hernández *et al.*, 2011). El principal producto comercializado son corderos y ovejas de desecho en pie para el mercado regional (Partida de la Peña *et al.*, 2009).

Generalmente, los estudios indican que existen diferencias en las formas de producir y en los beneficios que obtiene la familia, para racionalizar los niveles de gestión en grupos homogéneos de explotaciones (Gaspar *et al.*, 2008), además, permite conocer las características estructurales y describir los sistemas agrícolas asociados con la disponibilidad y uso de las tierras, inversión de capital y gestión (Gelasakis *et al.*, 2011).

Como una forma de diferenciar los sistemas de producción se han establecido tipologías de productores a partir de la diversidad de estos sistemas, de las prácticas de manejo y escalas de producción, para entender la situación de estas explotaciones y los efectos de las políticas agrícolas, junto con las estrategias necesarias para adaptarse a dichas políticas (Milán *et al.*, 2003; Riveiro *et al.*, 2013; Rivas *et al.*, 2014). La tipología de explotaciones ganaderas es una parte importante del enfoque de sistemas, que permite agrupar a las unidades de producción en un grupo lo más homogéneo posible para su análisis y realizar acciones de desarrollo (Toro-Mujica *et al.*, 2012). La tipificación es un trabajo sencillo y de utilidad práctica para promover acciones de organización y participación de productores (Köbrich *et al.*, 2003). Como métodos de análisis y clasificación de las explotaciones ovinas se utiliza estadística multivariada: conglomerados o cluster, factorial y componentes principales (Gelasakis *et al.*, 2011; Toro-Mujica *et al.*, 2012; Riveiro *et al.*, 2013).

La escasa información sobre la tipificación de las explotaciones ovinas limita la toma de decisiones para impulsar el sistema producto cordero. El objetivo del trabajo fue analizar la estructura del sistema de producción y tipificar las explotaciones ovinas de Puebla y Tlaxcala usando variables sociales y técnico-económicas.

## **1.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.4.1. Área de estudio**

El área de estudio abarcó 53 comunidades de 17 municipios y 221 productores de los estados de Puebla y Tlaxcala. Las coordenadas geográficas son 18°54', 19°56' de latitud norte y 97°17' y 98°37' de longitud oeste. Los municipios muestreados en el estado de Puebla fueron aquellos que presentan mayor inventario ovino: Acajete, Aquixtla, Atempan, Atzizintla, Chignahuapan, Chignautla, Cuyoaco, Ixtacamaxtitlán, Libres, Saltillo la Fragua, Tetela de Ocampo, Tlachichuca, Tlahuapan y Tlatlauquitepec. En el estado de Tlaxcala se seleccionaron a los municipios de Nanacamilpa y Calpulalpan. La altitud tuvo un rango de 1,621 a 3,160 msnm (INEGI, 2014). En la región se presentan tres tipos de clima: a) C(w)(w), húmedo con abundantes lluvias en verano, b) C(w1)(w), templado subhúmedo con lluvias en verano y c) C(w2)(w), semifrío subhúmedo con lluvias en verano (García, 1998). La temperatura oscila de 5 a 26°C. La precipitación tiene un rango de 400 a 1,200 mm. El tipo de vegetación predominante es pastizal abierto, matorral crasicaule en el clima seco, bosque de pino-encino-oyamel, matorral en las zonas de sierra y de alta montaña. Los suelos dominantes son Andosol, Litosol, Regosol (INEGI, 2014).

### **1.4.2. Registro de datos**

Para el registro de la información se seleccionó una muestra de explotaciones ovinas mediante muestreo simple aleatorio y varianza máxima (Mendenhall *et al.*, 1987), por no conocer el número de unidades de producción que crían ovinos en el área de estudio. Con un margen de error del 6.5% y una máxima varianza del 0.25 el tamaño

de muestra calculado fue de 227 productores, sin embargo solo 221 accedieron a participar.

La información se registró en un cuestionario con entrevista directa, como lo señala Riveiro *et al.* (2013). Las preguntas fueron para el aspecto social (datos del propietario de la explotación y la familia) (Toro-Mujica *et al.*, 2011), económico relacionado costos de insumos, mano de obra, servicios veterinarios, sales minerales, ingresos y utilidad en las explotaciones (Riveiro *et al.*, 2013) y técnicos del tamaño del rebaño, tierra, siembra de cultivos, aspectos productivos y reproductivos de los ovinos (Milán *et al.*, 2011).

#### **1.4.3. Análisis estadísticos**

La base de datos se capturó en Excel y se exportó al Statistical Analysis System (SAS, 2003), versión 9.4 para Windows. Los factores del sistema de producción se estimaron con análisis factorial, con esto se obtuvieron combinaciones lineales para formar grupos reducidos de variables estandarizadas y que explicaran la mayor proporción de la varianza de los datos originales. Las tipologías de las explotaciones ovinas se determinaron con análisis cluster. El objeto de dicho análisis fue agrupar a las explotaciones con base en una homogeneidad en lo individual y una heterogeneidad entre los distintos grupos. Como medida de ligamiento se utilizó la distancia euclídeana al cuadrado con el método Ward. El análisis cluster agrupó a las explotaciones ovinas por la menor varianza dentro del grupo y las diferencias de otros grupos. La descripción de cada tipología se realizó con análisis de varianza con el procedimiento GLM y la prueba de Tukey ajustado (SAS, 2003).

### **1.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **1.5.1. Estructura del sistema de producción de ovinos**

Los propietarios tienen  $52.0 \pm 0.9$  años de edad, estudios de primaria ( $5.6 \pm 0.2$  años) y experiencia en la producción de ovinos de  $18.4 \pm 0.7$  años; lo cual es común en sistemas familiares de subsistencia (Toro-Mujica *et al.*, 2012). La escolaridad y la experiencia se



relacionan con el incremento de la productividad y adopción de nuevas tecnologías, como lo señala Morales *et al.* (2004).

Los productores poseen  $6.1 \pm 0.4$  ha de tierra, donde se cultiva maíz (*Zea mays* L) (99.5%), en menor proporción siembran avena (*Avena sativa* L) (30.7%) y cebada (*Hordeum vulgare* L) (21.7%), este tipo de explotaciones quedan clasificadas como de tipo familiar, como lo describe Riveiro *et al.* (2013). En este mismo sentido, existe una relación entre los ovinos y los cultivos; los ovinos aprovechan los residuos de las cosechas y rastrojera del sistema agrícola y proporcionan estiércol (Rivas *et al.*, 2014).

Los rebaños tienen 64 ovinos en promedio, de los cuales 55.6% son ovejas adultas, 2.2% sementales, 25.9% ovejas jóvenes y 16.3% corderos en engorda. El tamaño del rebaño es menor al reportado por Toro-Mujica *et al.* (2012) en España. La alta proporción de hembras en el rebaño se relaciona con la orientación a la cría de corderos. Las ovejas son de tipo Suffolk (51.1%), Criollo (20.8%), Hampshire (10.4%) y cruza de Suffolk x Hampshire (3.6%).

El manejo de los ovinos es simple, se utiliza el pastoreo extensivo y empadres mediante monta natural. El pastoreo de los ovinos se realiza en áreas de cultivo después de la cosecha (58.8%), orilla de caminos (31.6%), áreas de bosque (8.0%) y en praderas inducidas (1.5%). El uso de las áreas de cultivo es común en la cría de ovinos, como lo señalaron Galanopoulos *et al.* (2011) en Grecia. La duración del pastoreo es de 2-8 h día<sup>-1</sup>. La suplementación en corral se realiza por el 42.8% de los productores, esta práctica es común en sistemas pastoriles de pequeños rumiantes (Kosgey *et al.*, 2008).

Los machos permanecen todo el tiempo en el rebaño, la edad al primer parto es de  $15.5 \pm 0.2$  meses, similar a lo reportado por Milán *et al.* (2011) en los sistemas ovinos del noreste de España. El apareamiento se realiza de junio-agosto y con una tasa de pariciones del 80.4% en los meses de octubre-enero, el intervalo entre parto es de 11.6 meses, lo cual en otros estudios se atribuye a la estacionalidad por el fotoperiodo (Arroyo *et al.*, 2007).

Los corderos se destetan en promedio a los  $3.3\pm 0.1$  meses de edad y con un peso de  $16.6\pm 0.2$  kg. La duración de la engorda es de 9.7 meses. El peso a la venta es de  $46.4\pm 0.5$  kg. El precio de venta promedio fue de  $\$39.1\pm 0.2$  pesos  $\text{kg}^{-1}$ , con rango de  $\$28.0$  a  $\$48.0$  pesos  $\text{kg}^{-1}$  de cordero en pie.

### **1.5.2. Los factores del sistema de producción de ovinos**

Con el análisis factorial se identificaron los siguientes factores de la producción de ovinos (Cuadro 1):

**Factor I.** Dimensión de la explotación. Este factor explicó el 31.4% de la varianza total y fue el tamaño del rebaño (.96), costos de producción (.94), total de gastos de mano de obra (.93) y el total de ingresos ovinos (.86), las variables con la mayor carga en el factor.

**Factor II.** Perfil socioeconómico del productor. Este factor explicó el 11.6% de la varianza total. Las variables que mayor contribución tuvieron en el factor fueron la edad (.95) y la experiencia de los productores (.43).

**Factor III.** Producción de insumos agrícolas. Su contribución en la varianza explicada fue de 9.7% y las variables con mayor carga en el factor fueron la superficie sembrada de maíz (.95) y el rendimiento de grano de maíz (.46).

**Factor IV, VI y VII.** Producción de corderos. Este componente de la producción explicó en total el 18% de la varianza. El factor IV contiene el 7.8% de la varianza total y las variables con una mayor contribución en el factor fueron el peso de venta de los corderos (.80) y la duración de la engorda (.31). Por su parte el factor VI explicó el 5.6% de la varianza total y el peso al nacimiento tuvo el mayor aporte al factor (.51). El factor VII tuvo una explicación de 4.6% de la varianza total y el precio del cordero a la venta tuvo la mayor contribución en el factor (.54).

**Factor V.** Medios de producción. Este factor explicó el 6.4% de la varianza total y fue la tierra de pequeña propiedad la variable con mayor aporte a la explicación del factor (.95).

Cuadro 1. Estructura factorial de las explotaciones ovinas en los estados de Puebla y Tlaxcala.

Variables	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
	1	2	3	4	5	6	7
Edad del productor (años)	-0.07	0.95	-0.05	-0.06	0.00	-0.10	0.00
Escolaridad del productor (años)	0.13	-0.46	-0.11	-0.18	0.00	0.15	0.11
Experiencia en la cría de ovinos (años)	0.16	0.43	0.14	-0.20	-0.11	0.03	0.07
Integrantes de la familia (número)	0.12	-0.11	0.00	0.11	0.03	0.33	-0.08
Mano de obra para ovinos (número)	0.84	-0.01	0.05	-0.04	0.10	0.30	-0.19
Costo de producción de maíz (\$ ha <sup>-1</sup> )	0.01	-0.03	0.03	0.01	0.05	0.01	0.04
Peso de los corderos al inicio de la engorda (kg)	-0.12	-0.01	-0.03	0.31	0.02	-0.57	-0.40
Tierra de pequeña propiedad (ha)	0.12	-0.09	0.14	0.11	0.95	-0.01	-0.09
Cultivo de maíz (ha)	0.07	0.11	0.95	-0.07	0.21	0.14	-0.06
Rendimiento maíz (t ha <sup>-1</sup> )	0.24	0.09	0.46	-0.27	-0.14	-0.08	0.22
Tamaño del rebaño (número)	0.96	-0.01	0.05	-0.12	0.07	0.14	-0.03
Tiempo pastoreo (h día <sup>-1</sup> )	0.81	0.02	0.13	0.03	0.03	0.22	0.06
Peso al nacimiento de corderos (kg)	0.19	-0.04	0.06	-0.08	-0.03	0.51	0.11
Peso de venta de corderos (kg)	-0.08	-0.07	-0.14	0.80	0.09	-0.06	-0.20
Costo de mano de obra (\$)	0.93	-0.02	0.07	-0.20	-0.03	0.05	0.14
Costo total del rebaño (\$)	0.94	-0.03	0.06	-0.14	0.02	0.11	0.12
Precio de corderos (\$ kg <sup>-1</sup> )	0.07	-0.03	0.02	-0.22	-0.09	0.12	0.55
Ingreso total del rebaño (\$)	0.86	-0.05	0.02	0.15	0.02	0.12	0.13

### 1.5.3. Tipología de explotaciones ovinas

El análisis cluster generó tres agrupaciones, las cuales se describen a continuación.

**Cluster 1. Explotaciones familiares de subsistencia.** En este grupo se incluye al 60.6% de los rebaños de ovinos. Otros autores las han clasificado como de tipo familiar (Toro-Mujica *et al.*, 2012), de bajos insumos y de pequeña escala (Rivas *et al.*, 2014). El propósito de estas explotaciones es el ahorro (sistema de producir ovinos para venderlos en momentos de necesidad económica), y autoempleo, como fue descrito para otras regiones (Lobley *et al.*, 2009). Esta agrupación utiliza 1.1 pastores. Este

grupo de explotaciones posee 4.5 ha de tierra total, en pequeña propiedad (1.3 ha), ejido (2.6 ha) y renta (0.5 ha). En la pequeña propiedad y el ejido se siembran 3.8 ha con cultivos de maíz, cebada y avena. De la producción de maíz se obtiene 2.3 ton de rastrojo. El rebaño es de 34.1 ovinos (Cuadro 3), lo que determina baja carga animal por ha en comparación a 150.1 ovinos que reporta Gaspar *et al.* (2008) para sistemas extensivos de España. La alimentación es dependiente del pastoreo para reducir sus costos de producción (Gelasakis *et al.*, 2011) y no hace uso de la compra de forrajes. En el Cuadro 4 se muestran los costos de producción e ingresos. Las explotaciones utilizan mano de obra familiar (\$17,432.8) para realizar el pastoreo y otras prácticas de manejo, similar a lo observado por Milán *et al.*, (2011) en España. No cuentan con infraestructura para el manejo de los animales, como lo han señalado Gaspar *et al.* (2008) y Riveiro *et al.* (2013). Se engordan al año en promedio 5.6 corderos ( $p < 0.05$ ), que sobreviven a las enfermedades y condiciones ambientales propias de este tipo de explotaciones, lo que se relaciona con resultados económicos bajos (\$10,621.3), similares resultados a los señalados por Ruiz *et al.* (2008). Los costos de producción son de \$19,587.4, de los cuales la mano de obra representa el 89%, para el estudio se asignó un precio de \$120.0 por jornal para poder cuantificar los costos de producción, similares a lo reportado por Galanopoulos *et al.* (2011) en Grecia. Los ingresos brutos totales anuales son bajos (\$10,621.3), determinados por el tamaño pequeño del rebaño (Ruiz *et al.*, 2008). Las explotaciones de este grupo son las más comunes en la región, como una forma de autoempleo de la mano de obra familiar y el uso de los rastrojos agrícolas.

**Cluster 2: Asociación ovino-cereales.** Este grupo concentra a 71 explotaciones (32.1%), localizadas en los valles y áreas con pendientes moderadas. Estas explotaciones emplean 2.1 jornales para la cría de ovinos (Cuadro 2) y son descritas como las que tienen el mejor rendimiento en términos de sostenibilidad global, utilizan 5.6 ha para producir sus propios granos y forrajes y no depender de la compra externa de insumos (Toro-Mujica *et al.*, 2012). El rebaño tiene en promedio 84.8 ovinos (Cuadro 3), lo cual le da una dimensión intermedia entre las explotaciones familiares de subsistencia (cluster I) y las extensivas de montaña (cluster III). La asociación de

ovinos-cereales es una forma de producir para aprovechar los rastrojos después de las cosechas (Ruiz *et al.*, 2008; Rivas *et al.*, 2014). El tamaño de la tierra es de 8.4 ha (Cuadro 2) y se utiliza para el cultivo de maíz (3.6 ha), cebada (2.0 ha) y avena (0.5 ha). Los subproductos cosechados de los cereales se emplean en la alimentación de los corderos en engorda y para las ovejas lactantes, lo que concuerda con las observaciones de Caballero (2001). La duración de la engorda de corderos es de 8.4 meses, 2.2 meses menor que en el cluster I. El ingreso por la venta de corderos es de \$26,159.0 al año (Cuadro 4). Las explotaciones con ovinos-cereales orientan la producción al mercado y tienen una visión competitiva (Toro-Mujica *et al.*, 2012) y se localizan en áreas cercanas a los centros de consumo.

Cuadro 2. Medias mínimo cuadráticas de la tipificación de explotaciones ovinas de Puebla y Tlaxcala.

Variable	Cluster 1. Explotaciones familiares de subsistencia (n=134)	Cluster 2. Asociación ovino-cereales (n=71)	Cluster 3. Explotaciones extensivas de montaña (n=16)
Edad del productor (años)	52.1 <sup>ns</sup>	52.5 <sup>ns</sup>	48.6 <sup>ns</sup>
Experiencia en ovinocultura (años)	16.3 <sup>ns</sup>	21.9 <sup>ns</sup>	20.3 <sup>ns</sup>
Escolaridad del productor (años)	5.1 <sup>ns</sup>	6.3 <sup>ns</sup>	6.6 <sup>ns</sup>
Integrantes de familia (número)	4.4 <sup>ns</sup>	4.9 <sup>ns</sup>	5.0 <sup>ns</sup>
Pastores (número)	1.1 <sup>c</sup>	2.1 <sup>b</sup>	3.0 <sup>a</sup>
Tierra de pequeña propiedad (ha)	1.3 <sup>ns</sup>	2.8 <sup>ns</sup>	2.6 <sup>ns</sup>
Tierra de Ejido (ha)	2.6 <sup>ns</sup>	4.3 <sup>ns</sup>	4.2 <sup>ns</sup>
Tierra de Renta (ha)	0.5 <sup>ns</sup>	1.2 <sup>ns</sup>	1.1 <sup>ns</sup>
Total tierra (ha)	4.5 <sup>b</sup>	8.3 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>
Cultivo de maíz (ha)	2.6 <sup>ns</sup>	3.6 <sup>ns</sup>	3.0 <sup>ns</sup>
Cultivo de avena (ha)	0.7 <sup>ns</sup>	0.4 <sup>ns</sup>	0.6 <sup>ns</sup>
Cultivo de cebada (ha)	0.5 <sup>b</sup>	2.0 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>a</sup>
Rendimiento maíz (t ha <sup>-1</sup> )	2.35 <sup>b</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes en la misma hilera indican diferencias significativas (P <0.05); ns = no significativo.

Cuadro 3. Medias mínimo cuadráticas de la estructura del rebaño y parámetros productivos de las explotaciones ovinas.

Variable	Cluster 1. Explotaciones familiares de subsistencia (n=134)	Cluster 2. Asociación ovino-cereales (n=71)	Cluster 3. Explotaciones extensivas de montaña (n=16)
<i>Estructura del rebaño</i>			
Ovejas jóvenes (número)	9.2 <sup>c</sup>	22.1 <sup>b</sup>	53.3 <sup>a</sup>
Ovejas adultas (número)	18.2 <sup>c</sup>	47.4 <sup>b</sup>	129.2 <sup>a</sup>
Corderos de engorda (número)	5.5 <sup>c</sup>	13.6 <sup>b</sup>	36.8 <sup>a</sup>
Sementales (número)	1.0 <sup>c</sup>	1.5 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>
Total rebaño (número)	34.0 <sup>c</sup>	84.8 <sup>b</sup>	223.6 <sup>a</sup>
<i>Parámetros productivos</i>			
Edad primera monta (meses)	11.0 <sup>a</sup>	9.9 <sup>ab</sup>	9.0 <sup>b</sup>
Edad primer parto (meses)	16.1 <sup>a</sup>	14.9 <sup>ab</sup>	14.0 <sup>b</sup>
Intervalo entre partos (meses)	11.7 <sup>ns</sup>	11.4 <sup>ns</sup>	11.4 <sup>ns</sup>
Porcentaje de partos (%)	77.8 <sup>b</sup>	83.5 <sup>ab</sup>	88.1 <sup>a</sup>
Partos sencillos (%)	9.2 <sup>c</sup>	22.1 <sup>b</sup>	52.5 <sup>a</sup>
Partos dobles (%)	0.6 <sup>c</sup>	3.4 <sup>b</sup>	13.0 <sup>a</sup>
Peso al nacimiento (kg)	3.1 <sup>b</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>
Edad al destete (mes)	3.3 <sup>ns</sup>	3.2 <sup>ns</sup>	3.0 <sup>ns</sup>
Peso al destete (kg)	17.6 <sup>b</sup>	21.4 <sup>a</sup>	21.8 <sup>a</sup>
Peso al inicio de la engorda (kg)	16.0 <sup>ns</sup>	17.6 <sup>ns</sup>	17.6 <sup>ns</sup>
Peso a la salida de la engorda (kg)	47.3 <sup>a</sup>	45.6 <sup>ab</sup>	42.9 <sup>b</sup>
Duración de la engorda (meses)	10.7 <sup>a</sup>	8.4 <sup>ab</sup>	7.6 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes en la misma hilera indican diferencias significativas (P <0.05); ns = no significativo.

Cuadro 4. Medias mínimo cuadráticas de los costos de producción e ingresos de las explotaciones ovinas.

Variable	Cluster 1. Explotaciones familiares de subsistencia (n=134)	Cluster 2. Asociación ovino-cereales (n=71)	Cluster 3. Explotaciones extensivas de montaña (n=16)
<b>VARIABLES</b>			
<b>Costos de producción</b>			
Costo del cultivo de maíz (\$)	3,330.6 <sup>ns</sup>	3,822.8 <sup>ns</sup>	3,893.8 <sup>ns</sup>
Compra de suplementos (\$)	3,125.7 <sup>ns</sup>	3,201.7 <sup>ns</sup>	3,007.2 <sup>ns</sup>
Compra de pacas de rastrojo (\$)	261.4 <sup>b</sup>	1270.8 <sup>ab</sup>	2287.5 <sup>a</sup>
Compra de sales minerales (\$)	335.8 <sup>c</sup>	827.5 <sup>b</sup>	2084.4 <sup>a</sup>
Costo en medicinas (\$)	897.0 <sup>c</sup>	2298.6 <sup>b</sup>	4356.3 <sup>a</sup>
Costo trasquila (\$)	155.8 <sup>a</sup>	494.4 <sup>a</sup>	113.8 <sup>a</sup>
Pago de veterinario (\$)	448.5 <sup>c</sup>	1149.3 <sup>b</sup>	2178.1 <sup>a</sup>
Costo total mano de obra (\$)	17,432.8 <sup>c</sup>	36,977.1 <sup>b</sup>	82,275.0 <sup>a</sup>
Gasto total (\$)	19,587.4 <sup>a</sup>	44,588.0 <sup>b</sup>	94,482.5 <sup>c</sup>
<b>Ingresos</b>			
Precio de venta de corderos (kg)	39.0 <sup>ns</sup>	39.3 <sup>ns</sup>	39.9 <sup>ns</sup>
Ingreso por corderos engorda (\$)	10,171.8 <sup>c</sup>	24,313.3 <sup>b</sup>	63,793.1 <sup>a</sup>
Total de ingresos ovinos (\$)	10,621.3 <sup>c</sup>	26,159.0 <sup>b</sup>	68,503.4 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes en la misma hilera indican diferencias significativas (P <0.05); ns = no significativo.

**Cluster 3: Explotaciones extensivas de montaña.** Esta agrupación incluye 16 explotaciones (7.2%). Con rebaños más grandes y mayor uso de mano de obra



contratada. Toro-Mujica *et al.* (2012) las clasifica como explotaciones semi-intensivas con fines comerciales. Para la producción de ovinos se utilizan 3 jornales y 8 ha de tierra (Cuadro 2). El promedio del rebaño es de 223.6 ovinos (Cuadro 3), son las de mayor tamaño en comparación con el cluster I y II. La presencia de ejidos permite a estos productores hacer uso de áreas comunales de pastoreo en la montaña y por lo tanto una mayor dimensión productiva. Para el pastoreo se utiliza mano de obra asalariada y la duración del mismo es de 6.5 h día<sup>-1</sup>. Por la dimensión de la explotación el número de corderos destetados son suficientes para realizar la engorda en corral durante 7.5 meses y con un peso a la finalización de 42.9 kg (Cuadro 3). Para la alimentación complementaria se compra grano de maíz (\$3,007.2), pacas de rastrojo (\$2,084.4) y sales minerales (\$2,287.5). En estas explotaciones la compra de insumos es común, Milán *et al.* (2011) en su estudio reportaron que 68% de las explotaciones compran la mitad de los forrajes y el 87% compró más de la mitad los concentrados. Para disminuir los costos de producción es necesario que produzcan su propio forraje (Gelasakis *et al.*, 2011). El costo promedio de producción de las explotaciones es de \$44,588.1 (Cuadro 4), el cual es alto en comparación con los grupos I y II. El ingreso bruto total de las explotaciones es de \$68,503.4 por la venta de 37 ovinos en pie. El tamaño del rebaño y el precio de venta de los corderos son los principales factores que incentivan la producción de este tipo de explotaciones.

## **CONCLUSIONES**

La producción de ovinos en comunidades de Puebla y Tlaxcala en la región centro de México difiere con las condiciones socioeconómicas de producción y la vocación productiva de la tierra total que posee la explotación. Los factores de éxito de la producción identificados son la dimensión de la explotación, el perfil socioeconómico del productor, la producción de insumos agrícolas, la producción de corderos y los medios de producción. Se identificaron tres agrupaciones de explotaciones: 1) familiares de subsistencia, 2) ovino-cereales y 3) extensivas de montaña. Las agrupaciones tuvieron diferencia en las variables relacionadas con el número de pastores, cantidad de tierra, superficie cultivada de cebada, rendimiento de maíz, estructura de rebaño, parámetros productivos, reproductivos, compra de insumos,

ingresos y costos. El análisis permitió identificar en las explotaciones ovinas de Puebla y Tlaxcala, los elementos de la estructura, sus dimensiones y el funcionamiento de las mismas para relacionarlas con la sostenibilidad del sistema y economía de los productores.

## LITERATURA CITADA

- Arroyo, L. J., J. Gallegos-Sánchez, A. Villa-Godoy, J.M. Berruecos, G. Perera y J. Valencia. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Animal Reproduction Science*. Vol. 102:24-30.
- Caballero, R. 2001. Typology cereal sheep farming systems in Castilla La Mancha (south-central) Spain. *Agricultural Systems*. Vol. 68:215-232.
- Galanopoulos, K., Z. Abas, V. Laga, L. Hatziminaoglou y J. Boyazoglu. 2011. The technical efficiency of transhumance sheep and goat farms and the effect of EU subsidies: Do small farms benefit more than large farms? *Small Ruminant Research*. Vol. 100:1-7.
- Galaviz-Rodríguez, J.R., S. Vargas-López, J.L. Zaragoza-Ramírez, A. Bustamante-González, E. Ramírez-Bribiesca, J. de D. Guerrero-Rodríguez, J.S. Hernández-Zepeda. 2011. Evaluación territorial de los sistemas de producción ovina en la región nor-poniente de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 2(1):53-68.
- García, E. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gaspar, P., M. Escribano, F.J. Mesías, A. Rodríguez de Ledesma, y F. Pulido. 2008. Sheep farms in the Spanish rangelands (dehesas): Typologies according to livestock management and economic indicators. *Small Ruminant Research*. Vol. 74:52-63.
- Gelasakis, A. I., G. E. Valergakis, G. Arsenos y G. Banos. 2011. Description and typology of intensive Chios dairy sheep farms in Greece. *Journal Dairy Science*. Vol. 95:3070-3079.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2014. Anuario Estadístico del Estado de Puebla. Puebla, México. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

- Köbrich, C., T. Rehman y M. Khan. 2003. Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan. *Agricultural Systems*. Vol. 76:141-157.
- Kosgey, I. S., G. J. Rowlands, J.A.M. Van Arendonk y R.L. Baker. 2008. Small ruminant production in smallholder and pastoral/extensive farming systems in Kenya. *Small Ruminant Research*. Vol. 77:11-24.
- Lobley, M., A. Butler y M. Reed. 2009. The contribution of organic farming to rural development: an exploration of the socio-economic linkages of organic and non-organic farms in England. *Land Use Policy*. Vol. 26:723-735.
- Mendenhall, W., L.R. Scheaffer, L.R. Ott. 1987. *Elementos de muestreo*. Edit. Thompson. 480 p
- Milán, M.J., E. Arnalte, G. Caja. 2003. Economic profitability and typology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Ruminant Research*. Vol. 49:97-105.
- Milán, M. J., G. Caja, R. González-González, A. M. Fernández-Pérez, y X. Such. 2011. Structure and performance of Awassi and Assaf dairy sheep farms in northwestern Spain. *Journal Dairy Science*. Vol. 94:771-784.
- Morales, M. M., D. J. P. Martínez, G. Torres-Hernández y V. J. E. Pacheco. 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistemas en un ejido de Veracruz, México. *Técnica Pecuaria México*. Vol. 42:347-359.
- Partida de la Peña, J.A., D. Braña-Varela, y L. Martínez-Rojas. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset. *Técnica Pecuaria México*. Vol. 47(3):313-322.
- Pérez-Hernández, P., J. Vilaboa-Arroniz, H. Chalate-Molina, B. Candelaria-Martínez, P. Díaz-Rivera y S. López-Ortiz. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica, FCV-LUZ*. Vol. 21(4):327-334.
- Rivas, J., A. García, P. Toro-Mujica, Elena Angón, J. Perea, M. Morantes y R. Dios-Palomares. 2014. Caracterización técnica, social y comercial de las explotaciones ovinas manchegas, centro-sur de España. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 5(3):291-306.

- Riveiro, J.A., A.R. Mantecón, C.J. Álvarez y P. Lavín. 2013. A typological characterization of dairy Assaf breed sheep farms at NW of Spain based on structural factor. *Agricultural Systems*. Vol. 120:27-37.
- Ruiz, F.A., J.M. Castel, Y. Mena, J. Camúnez y P. González-Redondo. 2008. Application of the technico-economic analysis for characterizing, making diagnoses and improving pastoral dairy goat systems in Andalusia (Spain). *Small Ruminant Research*. Vol. 77:208-220.
- SAS, Statistical Analysis Systems. 2003. The analyst application. Second ed. Cary, NC: SAS Inst Inc.
- Toro-Mujica, P., A. García, A.G. Gómez-Castro, R. Acero, J. Perea, V. Rodríguez-Estévez, C. Aguilar y R. Vera. 2011. Technical efficiency and viability of organic dairy sheep farming systems in a traditional area for sheep production in Spain. *Small Ruminant Research*. Vol. 100:89-95.
- Toro-Mujica, P., A. García, A. Gómez-Castro, J. Perea, V. Rodríguez-Estévez, E. Angón, y C. Barba. 2012. Organic dairy sheep farms in south-central Spain: Typologies according to livestock management and economic variables. *Small Ruminant Research*. Vol. 104:28-36.
- Vázquez-Martínez, I., S. Vargas-López, J.L. Zaragoza-Ramírez, A. Bustamante-González, F. Calderón-Sánchez, J. Rojas-Álvarez. M.A. Casiano-Ventura. 2009. Tipología de explotaciones ovinas en la Sierra Norte del estado de Puebla. *Técnica Pecuaria México*. Vol. 47:357-369.



## CAPÍTULO II

### AJUSTE DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DEL PESO VIVO Y MEDIDAS ZOOMÉTRICAS EN OVEJAS CARA NEGRA EN LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

#### 2.1. Resumen

Se registró el peso vivo y doce medidas zoométricas a una muestra de 2,093 ovejas locales cara negra adultas de la región central del estado de Puebla y el norponiente de Tlaxcala. A cada variable se le ajustó su función de densidad de probabilidad y se simuló el peso vivo a partir de las variables zoométricas con el procedimiento SEVERITY de SAS. El peso vivo tuvo una mediana de 44 kg, con rango de 18.1-98.5 kg, distribución lognormal y ajuste de Kolmogorov-Smirnov (0.013). El coeficiente de variación de las medidas zoométricas fue menor a 20.5%, lo que indica que es una población homogénea de ovejas. Las medidas de la cabeza, orejas, diámetro dorsoesternal y ancho de grupa tuvieron el mejor ajuste para el modelo de distribución Burr. La distribución gamma presentó ajuste significativo para el perímetro torácico, diámetro longitudinal y longitud de grupa. El perímetro de caña y altura a la grupa tuvieron una distribución lognormal. El modelo de distribución Gauss inversa tuvo el mejor ajuste para altura a la cruz. En la estimación del peso vivo el modelo Burr tuvo el mejor ajuste y las variables con mayor influencia fueron el perímetro de caña (0.02217), ancho de grupa (0.01682), diámetro dorsoesternal (0.01149) y perímetro torácico (0.01018). Las ovejas cara negra de la región central de México tienen alta variación en el peso, con medidas zoométricas homogéneas, y son de tamaño y longitud mediana, propias de animales con escasa selección genética.

**Palabras clave:** modelo de simulación, perfil racial, predicción de peso, proc severity, zoometría.

## 2.2. Introducción

La producción de ovinos de lana es una actividad a pequeña escala en las zonas templadas y de alta montaña del centro de México (Vázquez-Martínez *et al.*, 2009; Montaldo *et al.*, 2011). Esta región concentra el 53% de los 8.5 millones de la población de ovinos y de las 53,000 explotaciones existentes en el país (SAGARPA, 2015). La producción de ovinos se realiza en diferentes sistemas de producción y prácticas de manejo, es usual mezclar razas en el mismo rebaño (Ortiz-Plata *et al.*, 2012). La finalidad productiva es la venta de corderos y ovejas adultas para la elaboración de barbacoa (Alba-Hurtado *et al.*, 2010; Mondragón *et al.*, 2014).

El sistema de producción depende del pastoreo extensivo en vegetación natural, rastrojeras y uso de subproductos agrícolas (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011). Las áreas de pastoreo con vegetación natural son bosques de montaña y tierras no agrícolas (Vázquez-Martínez *et al.*, 2012). Los terrenos agrícolas son pastoreados después de la cosecha, en tanto el forraje seco es cosechado y almacenado para utilizarse en la época seca del año (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011). En el manejo de los rebaños se utiliza mano de obra familiar (de Lucas-Tron *et al.*, 2003) y mínimo uso de insumos externos (Vargas-López *et al.*, 2012). En los sistemas de producción predomina la crianza de ovejas locales y sus cruza, para la producción de carne. Los ovinos comerciales fueron introducidos a las zonas rurales en 1930 por programas gubernamentales (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009).

Los cruzamientos recurrentes de la oveja local con el tipo genético Suffolk contribuyó a la formación de la población de ovejas cara negra en la zona templada de México (Montaldo *et al.*, 2011). El ovino tipo Suffolk se utilizó en cruzamientos para producir corderos para abasto (Gutiérrez *et al.*, 2005; Montaldo *et al.*, 2011), incrementar los índices reproductivos del rebaño y producir canales con bajo contenido de grasa (Partida de la Peña *et al.*, 2009). Los efectos genéticos y medioambientales dan como resultado una amplia variación fenotípica en las poblaciones de ovejas, por el grado de absorción de los ovinos locales (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009).

Los estudios genéticos en la oveja cara negra mencionan que la mitocondria se hereda de forma materna, por lo tanto, se espera que las cruzas presenten el ADN mitocondrial de los ovinos criollos (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009), favoreciendo la diversidad de fenotipos en las áreas de montaña (Vargas-López *et al.*, 2012). En la parte medioambiental, Silva *et al.* (2013) mencionan que la localización geográfica afecta las medidas zoométricas y el peso de las poblaciones de ovejas, diferenciando ecotipos.

Generalmente, los estudios morfoestructurales se realizan como parte de los planes de conservación de los ovinos locales (Mavule *et al.*, 2013; Yilmaz *et al.*, 2013; Birteeb *et al.*, 2013). Con el registro de las medidas zoométricas se evalúa la forma del cuerpo (Agaviezor *et al.*, 2012), la variación fenotípica (Yadav *et al.*, 2013), las razas (Birteeb *et al.*, 2013; Musavi *et al.*, 2013), se estima el peso vivo (Cam *et al.*, 2010; Sowande y Sobola, 2008; Taye *et al.*, 2010; Yilmaz *et al.*, 2013) y los cambios en el tamaño del cuerpo a través del tiempo (Fasae *et al.*, 2005).

En los estudios para describir la productividad (Janssens y Vandepitte, 2004), la morfología (Carneiro *et al.*, 2010) y la caracterización fenotípica (Vargas-López *et al.*, 2012) se utilizan modelos lineales y se asume que los datos están normalmente distribuidos en la población (Melesse *et al.*, 2013; Musavi *et al.*, 2013; Gebretsadik y Anal, 2014). Sin embargo, no todas las variables siguen una distribución normal y existen otros métodos para realizar la estimación de estos valores con mayor exactitud. Las distribuciones de probabilidad constituyen un método que permite analizar un conjunto de datos que no se ajustan a una distribución normal, por lo que es necesario identificar la distribución con mejor ajuste utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von-Mises y Anderson-Darling (SAS, 2014). Las pruebas se calculan comparando la distribución empírica de la función (EDF) de los datos con la función de distribución acumulada estimada (CDF) (Esteves, 2013; Meintanis *et al.*, 2014). Con las distribuciones de probabilidad se estiman modelos de distribución empleados en diversas áreas del conocimiento (Meintanis *et al.*, 2014; Ouarda *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2015), como la salud humana (Marshall *et al.*, 2014) y para simular procesos ecológicos en bosques (Hanberry *et al.*, 2015).



Para Bury (1999), los histogramas de la probabilidad de la función de densidad (PDF) tienen dos dimensiones medibles de la forma la curva: el primero, el “sesgo”, los valores positivos indican que la cola está a la derecha, valores negativos a la izquierda, el valor cero implica simetría; el segundo factor de forma es la “curtosis”, relaciona la altura de la curva, cuando el valor  $>3$  indica que los datos son de tendencia normal, cuando es  $< 3$  la PDF es más plana que la normal. El uso de distribuciones de la probabilidad del peso vivo y las medidas zoométricas de los para diferenciar a individuos o sus partes a la adaptación a factores geográficos o diversificación evolutiva a largo plazo es escasa (Zelditch *et al.*, 2012). El objetivo del trabajo fue analizar la distribución de las variables corporales y la predicción de peso vivo en las poblaciones de ovejas cara negra, para relacionarlas con la forma de producción en la región central de México.

## **2.3. Materiales y métodos**

### **2.3.1. Área de estudio**

El área de estudio se ubica en la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (Ferrari *et al.*, 2005), en la provincia ecológica Lagos y Volcanes de Anáhuac (Francois y Pérez-Vega, 2005) de los estados de Puebla y Tlaxcala. Las coordenadas geográficas son  $18^{\circ} 54'$ ,  $19^{\circ} 56'$  de latitud norte y  $97^{\circ} 17'$  y  $98^{\circ} 37'$  de longitud oeste. La altitud tuvo un rango de 1,621 a 3,160 msnm (INEGI, 2014). Se presentan tres tipos de clima: a) C(w)(w), húmedo con abundantes lluvias en verano, b) C(w1)(w), templado subhúmedo con lluvias en verano y c) C(w2)(w), semifrío subhúmedo con lluvias en verano (García, 1998). Los suelos son Andosol, Litosol y Regosol. La temperatura oscila de 12-20 °C. La precipitación es de 600 a 1600 mm. Los tipos de vegetación son bosque de pino-encino, bosque de oyamel y pastizal de alta montaña (INEGI, 2014).

La actividad agropecuaria es para la producción de granos, hortalizas, frutales y ganadería. En los cultivos se siembra maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), haba (*Vicia faba* L.), cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum aestivum*) y ebo (*Vicia sativa* L). Las hortalizas más comunes son papa (*Solanum*

*tuberosum*) y chícharo (*Pisum sativum*) en temporal. Los frutales son manzana (*Pyrus malus* L.), ciruela (*Prunus domestica*), pera (*Pyrus communis*) y aguacate (*Persea americana*). La ganadería es de uso múltiple, de tipo extensivo y orientada a la cría de bovinos, porcinos, caprinos, equinos y aves de corral (Vázquez-Martínez *et al.*, 2009). La producción de forrajes nativos es estacional, de junio a noviembre, se aprovecha el crecimiento de especies inducidas de temporal que crecen en terrenos de uso común y parcelas agrícolas en descanso. En la época seca del año los ovinos pastorean en las tierras agrícolas los rastros de los cultivos y se le proporcionan los subproductos de las cosechas agrícolas en el corral (Vázquez-Martínez *et al.*, 2012).

### **2.3.2. Registro de datos**

La información se registró en 40 comunidades con presencia de ovejas cara negra y seleccionadas con base a los trabajos previos de Galaviz-Rodríguez *et al.* (2011) y Vargas-López *et al.* (2012). Los rebaños de ovejas cara negra se eligieron de manera aleatoria. Los datos se colectaron durante marzo-agosto del 2013, después del destete de los corderos. El peso vivo y 12 medidas zoométricas (Cuadro 1) fueron registradas en 2,093 ovejas multíparas de 2 a 5 años de edad, y en plena producción, como lo recomiendan Arredondo-Ruíz *et al.* (2013) y Birteeb *et al.* (2013). A cada oveja se le asignó una ficha individual para el registro de información y se acompañó de una fotografía para trabajos posteriores de evaluación. Las ovejas se pesaron con una báscula digital por las mañanas, antes de su salida al pastoreo, y después de 12 horas de ayuno, para minimizar la variación de peso, como lo indica Mavule *et al.* (2013). Las ovejas gestantes fueron excluidas de la muestra, debido a que la gestación y el parto tiene un efecto sobre el peso corporal, en las medidas del tórax, ancho y largo de la grupa (Kunene *et al.*, 2007). Las medidas zoométricas se registraron siguiendo la metodología de Mavule *et al.* (2013). El perfil de la cabeza se clasificó en recto, convexo o cóncavo. La edad se estimó con el apoyo de los productores y utilizando el método de dentición, contando dos pares de incisivos permanentes (Kunene *et al.*, 2009; Legaz *et al.*, 2011; Yadav y Arora, 2014). La altura a la cruz, la altura a la grupa, el diámetro longitudinal, diámetro bicostal, ancho de pecho y el diámetro dorso-esternal se midieron con un vernier electrónico. Para medir la longitud de la cabeza, la longitud

de oreja, el ancho de oreja, el perímetro torácico y el perímetro de caña se utilizó cinta métrica. Para registrar el ancho de cabeza, la longitud y el ancho de grupa se utilizó el compás de espesores.

### **2.3.3. Análisis estadísticos**

La base de datos se capturó en Excel y para su análisis se exportó al SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4 para Windows. Se estimaron los parámetros de la función de distribución de probabilidad, similar a lo realizado por Hanberry *et al.* (2015), para el peso vivo y las medidas zoométricas de las ovejas, usando distribuciones Burr, Gauss inversa, lognormal, y gamma con el procedimiento SEVERITY (SAS, 2014).

El procedimiento SEVERITY puede ajustar múltiples distribuciones al mismo tiempo y elegir la mejor de acuerdo con un criterio de selección que se le especifique. Puede utilizar siete estadísticos diferentes de ajuste como criterios de selección: para el análisis se utilizaron los estadísticos de información del criterio de Akaike ajustado (AICC), Kolmogorov-Smirnov (KS), Anderson-Darling (AD) y Cramer-von Mises (CVM) (SAS, 2014).

En el resultado de los análisis se muestra el proceso de estimación, los parámetros de las estimaciones y los errores estándar, la estructura de covarianza estimada de los parámetros utilizando el método de máxima verosimilitud, los estadísticos de prueba, produce los histogramas de la función de distribución acumulada estimada (CDF) para cada una de las distribuciones y la estimación de la función de distribución empírica (EDF).

Para modelar los efectos de las variables zoométricas, se utilizó como variables regresoras el perímetro torácico, diámetro longitudinal, diámetro bicostal, diámetro dorsoesternal, ancho de grupa, perímetro de caña, altura a la grupa y ancho de pecho, sobre la distribución del peso vivo, vía el vínculo de una función exponencial. El procedimiento SEVERITY establece que si se tienen  $k$  variables regresoras aleatorias  $x_j$  ( $j = 1, \dots, k$ ), la distribución de la variable de respuesta  $Y$  se asume que tiene la forma:

$$Y \sim \exp\left(\sum_{j=1}^k \beta_j X_j\right). F(\theta)$$

Donde F denota la distribución de Y con parámetros  $\Theta$  y  $\beta_j$  ( $j = 1, \dots, k$ ) denota los coeficientes de regresión de los parámetros. Para que la distribución de Y tenga una distribución válida de la familia de parámetros F, es necesario que F tenga un parámetro escalar. La distribución efectiva de Y es

$$Y \sim F(\theta, \Omega)$$

Donde  $\theta$  denota la escala del parámetro y  $\Omega$  denota el conjunto de parámetros no escalares. La escala  $\theta$  es afectada por los regresores de la siguiente manera

$$\theta = \theta_0 \cdot \exp\left(\sum_{j=1}^k \beta_j X_j\right)$$

Donde  $\theta$  denota un valor base del parámetro escala.

## 2.4. Resultados

### 2.4.1. Peso

El peso vivo de las ovejas tuvo mediana de 44.0 kg y rango entre 18.1-98.5 kg, distribución Lognormal con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.620 (Cuadro 1). La curtosis fue de 0.4982 y asimetría positiva (Figura 1). El peso registrado fue menor a

los 75.3 y 80.01 kg reportado por Janssens y Vandepitte (2004) y Carneiro *et al.* (2010) para ovejas Suffolk de raza pura, respectivamente. El coeficiente de variación del peso vivo fue de 25.7%, mayor al valor de 15% reportado por Legaz *et al.* (2011) observado en ovejas Assaf en España y menor (31.18%) al obtenido para ovejas Zulu de Sudáfrica por Mavule *et al.* (2013); un valor alto en el coeficiente de variación se relaciona con una población de ovejas heterogénea, y es resultado de ausencia de selección (Legaz *et al.*, 2011). Los valores para los cuartiles fueron  $q_1$  37.20,  $q_2$  44.00 y  $q_3$  52.55 kg. Los pesos de las ovejas del cuartil  $q_1$  son de tamaño pequeño y de  $q_2$  son de tamaño mediano, las cuales son comunes en los sistemas de producción tradicional de México (Vargas-López *et al.*, 2012), sistemas extensivos de Sudamérica (Silva *et al.*, 2013) y en áreas de climas desérticos de África y Asia (Agaviezor *et al.*, 2012; Birteeb *et al.*, 2013; Melesse *et al.*, 2013; Mavule *et al.*, 2013; Musavi *et al.*, 2013). Las ovejas con peso superior a  $q_3$  se clasifican como pesadas, característica de las razas puras y criadas en pasturas cultivadas, como lo citan Carneiro *et al.* (2010) y Legaz *et al.* (2011). En la región de estudio, el peso es un criterio usado por los productores para seleccionar ovinos como futuros reproductores, de manera empírica asocian que ovejas grandes producirán corderos grandes, lo que concuerda con lo observado por Janssens y Vandepitte (2004), quienes mencionan que el peso tiene una alta heredabilidad (0.53). Otra práctica que utilizan los productores para incrementar el peso son los cruzamientos de ovejas locales con sementales de tipo comercial para mejorar el peso, reducir el tiempo de engorda y evitar la acumulación de grasa en la canal, como lo mencionan Partida de la Peña *et al.* (2009) y Vázquez-Soria *et al.* (2011). Actualmente, el peso comercial de una raza estándar es de 60-70 kg y no es recomendable que supere 100 kg (Legaz *et al.*, 2011). En el estudio, el peso comercial sólo lo alcanzan las ovejas mayores a  $q_3$ . Los factores que afectan el peso son la alimentación, las prácticas de manejo (Agaviezor *et al.*, 2012; Tolone *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2013), edad, gestación (Arredondo-Ruíz *et al.*, 2013; Birteeb *et al.*, 2013) y el dimorfismo sexual (Yadav *et al.*, 2013). El conocimiento del peso vivo es útil para realizar selección y esquemas de cruzamiento (Sowande y Sobola, 2008).

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de peso y medidas zoométricas de ovejas cara negra.

Variable	Media	Mediana	Rango	CV
Peso (kg)	45.62	44.00	18.11-98.50	25.72
Largo de Cabeza (Cm)	22.27	22.00	16.00-29.50	9.38
Ancho de Cabeza (Cm)	12.27	12.00	9.00-19.00	7.87
Largo de Oreja (Cm)	12.13	12.00	4.00-17.00	12.91
Ancho de Oreja (Cm)	7.37	7.50	3.50-10.00	12.03
Altura a la Cruz (Cm)	63.93	64.00	49.00-80.50	7.59
Altura a la grupa (Cm)	65.70	65.50	51.00-82.00	7.25
Perímetro Torácico (Cm)	87.14	87.00	42.00-118.00	9.86
Diámetro Longitudinal (Cm)	72.68	72.00	50.00-99.00	9.21
Diámetro Dorsoesternal (Cm)	29.75	29.50	18.00-40.00	9.55
Diámetro Bicostal (Cm)	20.88	20.50	(12.00-32.00)	14.90
Ancho de pecho (Cm)	20.81	20.00	(12.00-33.00)	14.08
Ancho de Grupa (Cm)	17.94	18.00	10.00-26.00	11.95
Largo de Grupa (Cm)	18.22	18.00	10.00-29.00	20.54
Perímetro Caña (Cm)	8.47	8.50	5.50-12.50	10.69

#### 2.4.2. Medidas de la cabeza y orejas

En el Cuadro 2 se presentan los estadísticos descriptivos de las medidas de la cabeza y orejas. La longitud de cabeza presentó una distribución Burr, con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.074, mediana de 22 cm y rango de 16-29.5 cm. Con valores de los cuartiles de  $q_1$  21.0,  $q_2$  22.0 y  $q_3$  24.0 cm, curtosis de 0.100 y asimetría positiva. La longitud de la cabeza del cuartil  $q_2$  y  $q_3$  se acerca al perfil de ovinos del tipo Suffolk descrito por Carneiro *et al.* (2010), que en el caso del estudio se encuentran en las explotaciones de productores de pie de cría en áreas de montaña y altitud mayor a 3000 msnm. En tanto, las ovejas de cabeza pequeña (21 cm) se localizaron en las explotaciones de clima cálido y en sistemas extensivos con escaso acceso a la tierra.

El ancho de cabeza presentó una distribución Burr, con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.200, mediana de 12 cm y rango de 9-19 cm. Los valores de los cuartiles para esta variable fueron  $q_1$  12,  $q_2$  12 y  $q_3$  13 cm, curtosis de 2.53 y asimetría positiva. Sólo las ovejas con ancho de cabeza mayor de  $q_3$  corresponden al tamaño de ovejas Suffolk (12.9 cm) descritas por Carneiro *et al.* (2010). El largo y ancho de cabeza tienen importancia etnológica, generalmente son utilizadas para la caracterización racial y establecen dimorfismo sexual (Bravo y Sepúlveda, 2010) y son medidas cefálicas de poca variabilidad debido a su estrecha relación con el hueso craneal (Mavule *et al.*, 2013), no son afectadas por el ambiente o factores de manejo (Carneiro *et al.*, 2010).

El perfil observado en la mayoría de la población de ovejas cara negra fue recto, lo que concuerda con lo reportado por Musavi *et al.* (2013), posiblemente resultado de los cruzamientos; al mismo tiempo, se observaron ovejas con perfil convexo en menor proporción considerando a estos individuos como de mayor pureza racial, similar a lo reportado por Gebretsadik y Anal (2014).

La cabeza y la cara están desprovistas de lana en la mayoría de la población, lo que concuerda con lo reportado por Musavi *et al.* (2013) para ovejas Hazaragie de alta montaña en Afganistán. Sin embargo, se observaron algunas ovejas con lana en cabeza y cara en altitudes superior a los 3000 msnm, probablemente esta característica es una adaptación al clima frío del área, asimismo, se observó esta característica en ovejas producto del cruzamiento con machos Hampshire.

La longitud de oreja tuvo mediana de 12 cm y rango de 4-17 cm, distribución Burr, con ajuste de Kolmogorov-Smirnov de 0.141. Los cuartiles para esta variable fueron  $q_1$  11,  $q_2$  12 y  $q_3$  13 cm, curtosis de 0.811 y asimetría positiva. La longitud de oreja de  $q_1$  son similares a las reportadas para ovejas cara negra de tamaño pequeño (Vargas-López *et al.*, 2012) y las del cuartil  $q_3$  son similares a las observadas en poblaciones de ovejas de Burkina Faso de África (Traoré *et al.*, 2008). El ancho de la oreja presentó una distribución Burr con ajuste Kolmogorov-Smirnov (0.168), mediana de 7.5 cm y rango 3.5-10 cm, curtosis de 0.326 y asimetría negativa. Los valores de cuantiles fueron  $q_1$ ,

$q_2$ ,  $q_3$ , fue 7.0, 7.5 y 8.0 cm, respectivamente. En la región existen ovejas criollas de orejas pequeñas llamadas “Quimichin” descritas por Hernández *et al.* (2013), la cuales tienen influencia en la población. También, Musavi *et al.* (2013) reportaron ovejas con orejas pequeñas en montañas de Afganistán atribuyendo este defecto a problemas congénitos. Sin embargo, el largo y ancho de oreja son independientes del tamaño del animal (Legaz *et al.*, 2011). La posición de las orejas fue horizontal, similar a lo reportado en ovejas Sidama-Gedeo de Etiopia (Melesse *et al.*, 2013). Por su parte, Traoré *et al.* (2008) y Musavi *et al.* (2013) registraron orejas en posición vertical, ondulada y caídas en borregos de África y Asia, respectivamente. En la región de estudio, el largo y ancho de la oreja son un criterio utilizado para la selección en machos de reemplazo, asociando una mayor longitud de la oreja a un animal de mayor pureza.



Cuadro 2. Modelo de distribución del peso y medidas zoométricas de ovejas cara negra.

Variable	Distribución	AICC	Estimador	Error estándar	Valor de T	Pr >  t
Peso	Lognormal	16095	Mu 3.78798	0.00560	676.91	<.0001
			Sigma 0.25589	0.00396	64.67	<.0001
Largo de Oreja	Burr	7817	Theta 13.29193	0.23058	57.65	<.0001
			Alfa 2.18131	0.28735	7.59	<.0001
			Gamma 11.09063	0.35852	30.93	<.0001
Ancho de Oreja	Burr	5443	Theta 8.11234	0.12948	62.65	<.0001
			Alfa 2.35176	0.30512	7.71	<.0001
			Gamma 11.73901	0.35819	32.77	<.0001
Largo de Cabeza	Burr	4950	Theta 73.79318	0.82087	89.90	<.0001
			Alfa 1.26610	0.19676	6.43	<.0001
			Gamma 21.65003	1.19059	18.18	<.0001
Ancho de Cabeza	Burr	5690	Theta 12.32486	0.06868	179.44	<.0001
			Alfa 1.10003	0.08888	12.38	<.0001
			Gamma 22.58245	0.73124	30.88	<.0001
Altura a la Cruz	Gauss inversa	12552	Theta 63.93646	0.10650	600.32	<.0001
			Alfa 172.35243	5.33807	32.29	<.0001
Altura a la Grupa	Lognormal	12476	Mu 4.18258	0.00159	2632.23	<.0001
			Sigma 0.07266	0.00112	64.67	<.0001
Perímetro Torácico	Gamma	14941	Theta 0.85013	0.02631	32.31	<.0001
			Alfa 102.50553	3.16505	32.39	<.0001
Diámetro Longitudinal	Gamma	13894	Theta 0.61766	0.01912	32.31	<.0001
			Alfa 117.68093	3.63438	32.38	<.0001
Diámetro Dorsoesternal	Burr	10287	Theta 30.18512	0.25110	120.21	<.0001
			Alfa 1.23610	0.11582	10.67	<.0001
			Gamma 17.45549	0.59726	29.23	<.0001
Ancho de Grupa	Burr	9146	Theta 20.29043	0.44159	45.95	<.0001
			Alfa 2.95475	0.51655	5.72	<.0001
			Gamma 11.27934	0.36903	30.57	<.0001
Largo de Grupa	Gamma	11431	Theta 0.77714	0.02412	32.22	<.0001
			Alfa 23.45099	0.72017	32.56	<.0001
Perímetro Caña	Lognormal	5490	Mu 2.13203	0.00233	916.07	<.0001
			Sigma 0.10642	0.00165	64.67	<.0001

Los estimadores de los parámetros son tomados de la salida del PROC SEVERITY del SAS.

### 2.4.3. Medidas del cuerpo

Las medidas del cuerpo de importancia en la producción son diámetro longitudinal, perímetro torácico, altura a la cruz y grupa (altura, ancho y largo) (Cuadro 2)

El diámetro longitudinal tuvo mediana de 72 cm y rango de 50-99 cm, distribución gamma con ajuste de Cramer-von-Mises (0.039), curtosis de 0.164 y asimetría positiva. Los valores de los cuartiles fueron  $q_3$  y  $q_4$  77 y 99 cm, respectivamente. Las ovejas con diámetro longitudinal mayor a la mediana están dentro de la clasificación de longilíneas (Carneiro *et al.*, 2010). Esta medida se relaciona con el desarrollo del esqueleto, masa muscular y buena capacidad digestiva (Mavule *et al.*, 2013). El diámetro longitudinal es un criterio de selección usado por los productores para producir corderos con mayor longitud del cuerpo (Agaviezor *et al.*, 2012), donde el tamaño y la conformación corporal son rasgos importantes en los que se hace una fuerte selección por parte de los criadores (Costa *et al.*, 2006; Mavule *et al.*, 2013). Para Traoré *et al.* (2008) el diámetro longitudinal está influenciado por las condiciones del medio ambiente del área donde se crían las ovejas. El diámetro longitudinal no determina mayor productividad, la producción de carne se incrementa con las condiciones específicas de manejo (Carneiro *et al.*, 2010).

El perímetro torácico tuvo una distribución gamma con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.047, mediana de 87 cm, rango de 42-118 cm, curtosis de 0.417 y asimetría positiva. Los valores de los cuantiles fueron  $q_1$  81,  $q_2$  87 y  $q_3$  93 cm. En el estudio de Bingöl *et al.* (2012), un valor alto del perímetro torácico se relaciona con órganos respiratorios grandes y es resultado de la adaptación para la supervivencia en lugares con baja cantidad de oxígeno, como en las áreas de alta montaña. El perímetro torácico es un criterio utilizado para seleccionar a los sementales, el cual es una característica heredable (0.53), como lo indican Janssens y Vandepitte (2004). En este sentido, Melesse *et al.* (2013) encontraron correlación del perímetro torácico con el diámetro dorsoesternal para un buen desarrollo muscular y producción de carne. Por su parte, Riva *et al.* (2004) mencionan que mediante la selección se puede mejorar el perímetro torácico sin afectar la altura y longitud corporal.

La altura a la cruz tuvo una distribución Gauss inversa con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.037, mediana de 64 cm y rango de 49-80.5 cm. Los valores de los cuartiles fueron  $q_1$ ,  $q_2$  y  $q_3$  fue 50, 53 y 56 cm, respectivamente, curtosis de 0.205 y asimetría positiva.

Las ovejas con valores en  $q_1$  son consideradas pequeñas (Vargas-López *et al.*, 2012), similares a las razas West African Dwarf (Traoré *et al.*, 2008) y ovejas Gadik de Afganistán (Musavi *et al.*, 2013), las cuales fenotípicamente se clasifican como pequeñas. Las ovejas con altura superior a  $q_3$  se clasifican de altura mediana, similar con los datos de Janssens y Vandepitte (2004) y menores a los 70.4 cm registrados en Brasil por Carneiro *et al.* (2010). La altura a la cruz se valora por los criadores y se relaciona con la habilidad para el pastoreo (Riva *et al.*, 2004).

La altura a la grupa tuvo una distribución gamma con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.041, mediana de 65.5 y rango de 51-82 cm. Los valores de los cuartiles fueron  $q_1$  62.5,  $q_2$  65.5 y  $q_3$  69 cm, curtosis de -0.035 y asimetría positiva. La altura a la grupa fue más alta que la altura a la cruz, esta leve inclinación de la línea dorso-lumbar hacia los hombros es una característica propia de animales con escasa selección artificial (Bravo y Sepúlveda 2010). La altura a la grupa y a la cruz en las ovejas del estudio fueron similares a las registradas por Musavi *et al.* (2013) en ovejas nativas de Afganistán. En la oveja Bergamasca, Riva *et al.* (2004) mencionan la presencia de un tórax más grande y de menor altura a la cruz y a la grupa, esta mejora en las dimensiones es resultado del criterio de selección empleado por los productores.

El ancho de grupa presentó una distribución Burr con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.101, mediana de 18 cm y rango de 10-26 cm. El ancho de grupa fue mayor a los resultados obtenidos por Melesse *et al.* (2013) para ovejas Menz and Horro (15.9 a 16.9 cm) en Etiopia. Los cuartiles fueron  $q_1$  16.5,  $q_2$  18 y  $q_3$  20 cm, curtosis de 0.177 y asimetría positiva. El largo de la grupa se ajustó a una distribución gamma Kolmogorov-Smirnov (0.013), mediana de 18 cm y rango de 10-29 cm. cuartiles  $q_1$  15,  $q_2$  18 y  $q_3$  21.5 cm, curtosis de -1.00 y asimetría positiva. El ancho y largo de grupa están relacionados con la aptitud reproductiva y son un criterio de selección en hembras de remplazo. En el estudio el valor de  $q_3$  incluye a ovejas múltiparas (segundo parto), algunas de ellas con partos gemelares. En el estudio se observó una grupa de forma cuadrangular, esta forma se relaciona con una mayor facilidad de parto, expulsión de membranas fetales y buen sostén de la ubre, como lo reportaron Bravo y Sepúlveda

(2010). La variación en el ancho y largo de la grupa está relacionada con la edad, número y tipo de parto (Melesse *et al.*, 2013).

#### **2.4.4. Extremidades**

El perímetro de la caña se asoció a una distribución lognormal con ajuste Kolmogorov-Smirnov de 0.164, mediana de 8.50 cm y rango de 5.5-12.5 cm. El perímetro de la caña fue menor a los 10.06 cm reportados por Bravo y Sepúlveda (2010) para Ovejas Criollas en Chile. Los mismos autores mencionan que el perímetro de la caña se relaciona con la silueta del animal, el soporte del peso y feto. Además, establece una relación entre la masa del animal y de los miembros que lo sostienen y también proporciona un grado de finura del esqueleto (Arredondo-Ruíz *et al.*, 2013). Los valores de los cuartiles fueron  $q_1$  8,  $q_2$  8.5,  $q_3$  9, y  $q_4$  12.5 cm, curtosis de 0.536 y asimetría positiva. En la región de estudio las ovejas caminan de 2 a 5 km en busca de alimento en orografías rocosas con pendientes inclinadas, característico de las áreas de montaña. En este sentido, Mavule *et al.* (2013) establecen que para los productores de África es importante el perímetro de la caña para caminar grandes distancias y así sobrevivir en duras condiciones medioambientales, además, el perímetro de la caña permite diferenciar razas con aptitudes para la producción lechera o cárnica (Bingöl *et al.*, 2012).

#### **2.4.5. Simulación del peso**

Para simular el peso a partir de las variables zoométricas el procedimiento SEVERITY determinó que el mejor ajuste se tuvo para la distribución Burr (AICC de 12908), lognormal (AICC de 13165) y gamma (AICC de 13133). El modelo seleccionado fue el Burr por su mejor ajuste con el criterio AICC. En el modelo de distribución Burr se estimó el parámetro Theta que es el valor base para para estimar el parámetro escalar  $\theta$  (Cuadro 3). Las variables zoométricas introducidas en el modelo son significativas. Si la distribución Burr es seleccionada para modelar el efecto de las variables zoométricas,

entonces el valor efectivo de la escala varía con los valores observados de las variables zoométricas, de la siguiente manera:

$$\theta \approx 3.28358 \exp(0.01018 \text{Perímetro torácico} + 0.00757 \text{Diámetro Longitudinal} + 0.00989 \text{Diámetro Bicostal} + 0.01149 \text{Diámetro Dorso-Exteral} + 0.01682 \text{Ancho de Grupa} + 0.00748 \text{Ancho de Pecho} + 0.0217 \text{Perímetro de Caña})$$

Cuadro 3. Parámetros estimados para simular el peso vivo con el modelo Burr a partir de las variables zoométricas en ovejas cara negra.

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr >  t
Theta	3.28358	0.11152	29.44	<.0001
Alpha	1.27704	0.09551	13.37	<.0001
Gamma	14.27707	0.40839	34.72	<.0001
Perímetro torácico	0.01018	0.0005774	17.04	<.0001
Diámetro Longitudinal	0.00757	0.000536	14.13	<.0001
Diámetro Bicostal	0.00989	0.00151	6.56	<.0001
Diámetro Dorso-Exteral	0.01149	0.00135	8.49	<.0001
Ancho de Grupa	0.01682	0.00161	10.48	<.0001
Ancho de pecho	0.00748	0.00147	5.09	<.0001
Perímetro de caña	0.0217	0.00347	6.29	<.0001

Si la distribución Burr se elige para predecir el peso, el perímetro de la caña (0.0217), ancho de grupa (0.01682) y el diámetro dorsoesternal (0.01149) tienen la mayor contribución en la escala de distribución. En tanto, el perímetro torácico, diámetro longitudinal, diámetro bicostal y ancho de pecho tuvieron la menor contribución en la escala del modelo (Cuadro 3). A medida que las medidas zoométricas se incrementan, la escala de distribución también aumenta, lo que significa que la distribución aumenta

en los extremos, lo que a su vez aumenta la probabilidad de tener ovejas con mayor peso corporal. Las variables zoométricas que predicen el peso vivo con mejor precisión son el perímetro torácico (Kunene *et al.*, 2009; Mavule *et al.*, 2013), diámetro longitudinal en ovejas Mehrabani, Macoeci y Zandi de Irán (Shirzeyli *et al.*, 2013). El diámetro longitudinal es la variable que se ha encontrado con alta correlación con el peso de las ovejas Hissardale (Younas *et al.*, 2013), en corderos Kajli en Paquistán (Iqbal *et al.*, 2014), y en ovejas Karya de Turquía (Yilmaz *et al.*, 2013), pero no fue el más importante para simular el peso en las ovejas cara negra.

## 2.5. Conclusiones

Las ovejas cara negra de la región central de México son de tamaño y longitud mediana, común en los sistemas extensivos dependientes de la tierra de climas semiáridos y desérticos. En el aspecto racial, se describen como ovejas de cabeza grande, perfil recto, orejas pequeñas y posición horizontal, perímetro torácico desarrollado y de forma rectangular, con aptitud cárnica. Las ovejas de mayor tamaño son clasificadas en el peso comercial de una raza estándar criadas en pasturas cultivadas. El peso vivo se ajustó a la distribución lognormal. Las medidas zoométricas tuvieron buen ajuste a la función de distribución de probabilidad lognormal, Burr, Gauss inversa y gamma, lo cual muestra que las variables no están normalmente distribuidas, lo que es característico de animales con escasa selección artificial. El modelo que tuvo mejor ajuste para la simulación del peso a partir de medidas zoométricas fue el modelo Burr, el perímetro de la caña, el ancho de grupa y el diámetro dorsoesternal tienen la mayor influencia en la escala de distribución y significa que habrá un incremento en el peso si se incrementa el valor de estas variables.

## 2.6. Referencias

Agaviezor O, Peters SO Adefenwa MA Yakubu AO Adebambo A Ozoje MO Ikeobi C Wheto M Ajayi OO Amusan SA Ekundayo OJ Sanni TM Okpeku M Onasanya GO De Donato M Ilori BM Kizilkaya K and Imumorin IG 2012. Morphological and microsatellite DNA diversity of Nigerian indigenous sheep. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 3-38. doi:10.1017/S2078633610000627.

- Alba-Hurtado F, Romero-Escobedo E Muñoz-Guzmán MA Torres-Hernández G and Becerril-Pérez CM 2010. Comparison of parasitological and productive traits of *Criollo* lambs native to the central Mexican Plateau and Suffolk lambs experimentally infected with *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology* 172, 277-282.
- Arredondo-Ruiz V, Macedo-Barragán R Molina-Cárdenas J Magaña-Álvarez J Prado-Reboledo O García-Márquez LJ Herrera-Corredor A and Lee-Rangel H 2013. Morphological characterization of Pelibuey sheep in Colima, México. *Tropical Animal Health Production* 45, 895-900.
- Bingöl M, Gökdal O Aygün T Yılmaz A and Daşkıran I 2012. Some productive characteristics and body measurements of Norduz goats of Turkey. *Tropical Animal Health Production* 44, 545-550.
- Birteeb PT, Peters SO Yakubu A Adeleke MA and Ozoje MO 2013. Multivariate characterization of the phenotypic traits of Djallonke and Sahel sheep in Northern Ghana. *Tropical Animal Health Production* 45, 267-274.
- Bravo S and Sepúlveda N 2010. Índices zoométricos en ovejas criollas Araucanas. *International Journal of Morphology* 28(2), 489-495.
- Bury K 1999. *Statistical distributions in engineering*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Cam MA, Olfaz M and Soydan E 2010. Body measurements reflect body weights and carcass yields in Karayaka Sheep. *Asian Journal of Animal Veterinary Advances* 5, 120-127.
- Carneiro H, Louvandini H Paiva SR Macedo F Mernies B and McManus C 2010. Morphological characterization of sheep breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. *Small Ruminant Research* 94, 58-65.
- Costa GSJ, Campelo JEG Azevêdo DMMR Martins RF Cavalcante RR Lopes JB and Oliveira ME 2006. Caracterização morfométrica de ovinos da raça Santa Inês criados nas microrregiões de Teresina e Campo Maior Piauí. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35, 2260-2267.
- De Lucas-Tron J, LA Zarco-Quintero E González-Padilla J Tórtora-Pérez A Villa-Godoy and C Vásquez- Peláez. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Veterinaria México* 34(3), 2-12.

- Esteves LS 2013. Consequences to flood management of using different probability distributions to estimate extreme rainfall. *Journal of Environmental Management* 115, 98-105.
- Fasae OA, Chineke AC and Alokun JA 2005. Relationship between some physical parameters of grazing Yankasa ewes in the humid zone of Nigeria. *Archivos de Zootecnia* 54, 639-642.
- Ferrari L, Tagami T Eguchi M Orozco EMT Petrone CM Jacobo AJ and López MM 2005. Geology, geochronology and tectonic setting of late Cenozoic volcanism along the Southwestern Gulf of Mexico: The eastern alkaline province revised. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 146, 284-306.
- Francois MJ and Pérez-Vega BA 2005. La representatividad del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP). *Gaceta Ecológica* 74, 5-14.
- Galaviz-Rodríguez JR, Vargas-López S Zaragoza-Ramírez JL Bustamante-González A Ramírez-Bribiesca E Guerrero-Rodríguez JD and Hernández-Zepeda JS 2011. Evaluación territorial de los sistemas de producción ovina en la región norponiente de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(1), 53-68.
- García E 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gebretsadik ZT and Anal AK 2014. Indigenous sheep breeds of North Ethiopia: characterization of their phenotype and major production system. *Tropical Animal Health Production* 46, 341-347.
- Gutiérrez J, Rubio MS and Méndez RD 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Science* 70, 1-5.
- Hernández I, Rodríguez JV Romero O Hernández JS Macías A López H and Herrera JG 2013. Morphometric Characterization of Creole Sheep without Ear of the Sierra North State of Puebla-Mexico. *International Research Journal of Biological Sciences* 2(5), 1-8.
- Hanberry BB, Kabrick JM and He HS 2015. Potential tree and soil carbon storage in a major historical floodplain forest with disrupted ecological function. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 17, 17-23.



- Montaldo HH, Flores SC Sulaiman Y Osorio AJ Ortiz HA and Angulo MRB 2011. Crecimiento y comportamiento reproductivo de ovinos Poll Dorset y Suffolk bajo condiciones intensivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(4), 359-369.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2014. Anuario Estadístico del Estado de Puebla. Puebla, México. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- Iqbal ZM, Javed K Abdullah M Ahmad N Ali A Khalique A Aslam N and Younas U 2014. Estimation of body weight from different morphometric measurements in Kajli lambs. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 24(3), 700-703.
- Janssens S and Vandepitte W 2004. Genetic parameters for body measurements and linear type traits in Belgian Bleu du Maine, Suffolk and Texel sheep. *Small Ruminant Research* 54, 13-24.
- Kunene N, Nesamvuni EA and Fossey A 2007. Characterization of Zulu (Nguni) sheep using linear body measurements and some environmental factors affecting these measurements. *South. Africa Journal Animal Science* 37(1), 11-20.
- Kunene N, Bezuidenhout CC and Nsahlai IV 2009. Genetic and phenotypic diversity in Zulu sheep populations: Implications for exploitation and conservation. *Small Ruminant Research* 84, 100-107.
- Legaz E, Cervantes I Pérez CMA de laFuente LF Martínez R Goyache F and Gutiérrez JP 2011. Multivariate characterisation of morphological traits in Assaf (Assaf. E) Sheep. *Small Ruminant Research* 100, 122- 130.
- Marshall AH, Mitchell H and Zenga M 2014. Modelling the Length of Stay of Geriatric Patients in Emilia Romagna Hospitals Using Coxian Phase-Type Distributions with Covariates. DOI 10.1007/10104\_2014\_21.
- Mavule BS, Muchenje V Bezuidenhout CC and Kunene NW 2013. Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements. *Small Ruminant Research* 111, 23-30.
- Meintanis SG, Swanepoel J and Allison J 2014. The probability weighted characteristic function and goodness-of-fittesting. *Journal of Statistical Planning and Inference* 146, 122-132.

- Melesse A, Banerjee S Lakew A Mersha F Hailemariam F Tsegaye S and Makebo T 2013. Morphological characterization of indigenous sheep in Southern Regional State, Ethiopia. *Animal Genetic Resources* 52, 39-50.
- Mondragón AJ, Hernández MJ Rebollar RS Mohamed SAZ Rojo RR Dominguez VIA and García MA 2014. Marketing of meat sheep with intensive finishing in southern state of Mexico. *Tropical Animal Health Production* 46, 1427-1433.
- Musavi SAA, Ahmad S and Ibrahim M 2013. Documentation and morphology of Hazaragie sheep native to central Afghanistan. *Indian Journal of Animal Sciences* 83(9), 934-941.
- Ortiz-Plata C, De Lucas TJ and Miranda LGC 2012. Breed identity and leadership in a mixed flock of sheep. *Journal of Veterinary Behavior* 7, 94-98.
- Ouarda TBMJ, Charron C Shin JY Marpu PR Al-Mandoos AH Al-Tamimi MH Ghedira H and Hosary TN 2015. Probability distributions of wind speed in the UAE. *Energy Conversion and Management* 93, 414-434.
- Partida de la Peña JA, Braña VD and Martínez RL 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset. *Técnica Pecuaria México* 47(3), 313-322.
- Riva J, Rizzi R Marelli S and Cavalchini LG 2004. Body measurements in Bergamasca sheep. *Small Ruminant Research* 55, 221-227.
- SAS (Statistical Analysis Systems) 2003. *The analyst application*. Second ed. Cary, NC: SAS Inst Inc.
- SAS (Statistical Analysis Systems) 2014. *SAS/ETS® 13.2 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. *Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera 2015*. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).
- Silva MC, Lopes FB Vaz CMS Paulini F Montesinos IS Fioravanti MCS McManusd C and Sereno JRB 2013. Morphometric traits in Crioula Lanada ewes in Southern Brazil. *Small Ruminant Research* 110, 15-19.

- Sowande OS and Sobola OS 2008. Body measurements of West African Dwarf sheep as parameters for estimation of live weight. *Tropical Animal Health Production* 40, 433-439.
- Shirzeyli FH, Lavvaf A and Asadi A 2013. Estimation of body weight from body measurements in four breeds of Iranian sheep. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 35(5), 507-511.
- Taye M, Abebe G Gizaw S Lemma S Mekoya A and Tibbo M 2010. Growth performances of Washera sheep under smallholder management systems in Yilmanadensa and Quarit districts, Ethiopia. *Tropical Animal Health Production* 42, 659-667.
- Tolone M, Mastrangelo S Rosa AJM Portolano B 2012. Genetic diversity and population structure of Sicilian sheep breeds using microsatellite markers. *Small Ruminant Research* 102, 18-25.
- Traoré A, Tamboura HH Kabore A Royo L Fernandez J Álvarez I Sangare I Bouchel M Poivey DJP Francois D Toguyeni A Sawadogo L and Goyache F 2008. Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep. *Small Ruminant Research* 80, 62-67.
- Ulloa-Arvizu R, Gayosso-Vázquez A and Alonso-Morales RA 2009. Origen genético del ovino criollo mexicano (*Ovis aries*) por el análisis del gen del Citocromo C Oxidasa subunidad I. *Técnica Pecuaria México* 47(3), 323-328.
- Vargas-López S, Guerrero-Rodríguez JD Rojas-Álvarez J and Bustamante-González A 2012. Phenotypic characterization of the population of creole wool ewes in the highlands of Puebla State, Mexico. *Tropical Animal Health Production* 44, 1833-1839.
- Vázquez-Martínez I, Vargas LS Zaragoza RJL Bustamante GA Calderón SF Rojas AJ and Casiano VMA 2009. Tipología de explotaciones ovinas en la sierra norte del estado de Puebla. *Técnica Pecuaria México* 47(4), 357-369.
- Vázquez-Martínez I, Vargas-López S Bustamante-González A Calderón-Sánchez F Zaragoza-Ramírez JL Castro-González NP and Enríquez-García F 2012. Caracterización del sistema de producción tradicional de ovinos en la Sierra Nororiental de Puebla. En *Ganadería y alimentación: Alternativas frente a la crisis ambiental y el cambio social*. Vol II. (Cavalotti-Vázquez B, Cesín-Vargas A, Ramírez-Valverde B, Marcof-Álvarez C. Coordinadores) pp. 1-751. Universidad Autónoma Chapingo. México.

- Vázquez-Soria ET, Partida PJA Rubio LMS and Méndez MD 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(3), 247-258.
- Xu X, Yan Z and Xu S 2015. Estimating wind speed probability distribution by diffusion-based kernel density method. *Electric Power Systems Research* 121, 28-37.
- Yadav DK, Jain A Kulkarni VS Govindaiah MG Aswathnarayan T and Sadana DK 2013. Classification of four ovine breeds of southern peninsular zone of India: Morphometric study using classical discriminant function analysis. *SpringerPlus* 2-29. <http://www.springerplus.com/content/2/1/29>.
- Yadav DK and Arora R 2014. Genetic discrimination of Muzaffarnagri and Munjal sheep of northwestern semiarid zone of India based on microsatellite markers and morphological traits. *Indian Journal of Animal Sciences* 84(5), 527-532.
- Yilmaz O, Cemal I and Karaca O 2013. Estimation of mature live weight using some body measurements in Karya sheep. *Tropical Animal Health Production* 45, 397-403.
- Younas M, Abdullah M Bhatti JA Pasha TN Ahmad N Nasir M and Hussain A 2013. Inter-relationship of body weight with linear body measurements in Hissardale sheep at different stages of life. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 23(1), 40-44.
- Zelditch ML, Swiderski DL Sheets HD 2012. *Geometric morphometrics for biologists*. 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press; P 1-3. <http://www.elsevierdirect.com/companions/9780123869036>.



## CAPÍTULO III

### EFICIENCIA TÉCNICA DE EXPLOTACIONES OVINAS CON DIFERENTE TIPO GENÉTICO EN CRIANZA EN LA REGIÓN TEMPLADA DE PUEBLA Y TLAXCALA

#### 3.1. RESUMEN

Con el objetivo de estimar la eficiencia técnica (ET) se registró información en una muestra de 221 explotaciones de ovinos de lana y de pelo en la región templada del centro de México. Empleando la técnica de análisis envolvente de datos con el programa DEAP Versión 2.1., el modelo se construyó con el ingreso total por venta de ovinos como producto y cinco factores de la producción: costo por alimentación suplementaria, mano de obra, pago de servicio veterinario, compra de medicina y sal mineral. Con el procedimiento univariado del SAS se determinó la distribución en percentiles de las explotaciones por el tipo de ovejas. La ET promedio fue de 0.508, lo que indica una gran variabilidad de la producción entre explotaciones y es común en la producción de ovinos a pequeña escala. La mayor eficiencia técnica fue de 0.697 para explotaciones de ovino comercial de lana. En las poblaciones de ovejas nativas de lana fue 0.525 para ovinos criollos y 0.485 para ovinos cara negra. Las explotaciones con ovinos de pelo tuvieron una ET de 0.325, la menor del estudio, se relaciona con la baja adaptación de este tipo genético a las condiciones de clima templado de la región. El costo de los insumos limita la producción, por lo que la producción de los alimentos en la unidad de producción y el uso de economías de escala es la alternativa para mejorar la eficiencia en la producción de ovinos.

Palabras clave: análisis envolvente de datos, DEAP, eficiencia, ovinos comerciales.

#### 3.2. Introducción

Como en todos los países en vías de desarrollo que dependen de la actividad agropecuaria, la producción de ovinos ha jugado un papel importante en la historia económica de México. La evolución histórica de la ovinocultura en el último siglo ha cambiado de una ganadería en grandes haciendas durante la colonia a una producción a pequeña escala (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009; de Lucas *et al.*, 2003). En la actualidad, en

el medio rural de México se encuentra una convivencia entre los sistemas de tipo comercial, familiar y de subsistencia. El desarrollo de la ovinocultura en los últimos 30 años dependió de la importación de pie de cría, como una medida para repoblar a los rebaños del país, que cuenta con una población total de 8.6 millones de cabezas (SAGARPA, 2015). Parte de los ovinos importados se utilizan en ranchos comerciales para la producción de pie de cría, y son estos ranchos los que definen las políticas del tipo de ovino que se cría en México. Los ranchos comerciales abastecen de pie de cría comercial de diferentes tipos genéticos a los sistemas familiar y de subsistencia.

El cruzamiento de las poblaciones de ovinos locales con ovinos de tipo comercial, lana y pelo, es una práctica realizada por más de 30 años (Partida de la Peña *et al.*, 2009; Vázquez-Soria *et al.*, 2011) y ha dado origen a una composición genética en diverso grado de absorción de los ovinos locales (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009; Montaldo *et al.*, 2011). En la actualidad, no hay evaluaciones que relacionen el cambio en el morfotipo del tipo ovino con la producción de cordero y los beneficios económicos (Annett *et al.*, 2010). Además del cruzamiento con ovino introducido, los productores hacen coincidir la época de partos con la temporada de mayor producción de forraje para reducir el uso de insumos externos en la producción (Toro-Mujica *et al.*, 2011).

Una forma para estimar el impacto de los cambios realizados en la unidad de producción es la evaluación de la ET. Como lo señalan Theodoridis *et al.* (2012), el nivel de eficiencia estimado se utiliza como criterio de clasificación para conocer los factores que afectan el nivel técnico y la infraestructura presente en la explotación. Sin embargo, la eficiencia se relaciona con la viabilidad, ya que las ganancias económicas deben ser suficientes para el mantenimiento de una familia (Argilés, 2007).

En la literatura existen dos métodos para estimar los índices de eficiencia, uno de estos es el modelo paramétrico o frontera de producción estocástica y el no paramétrico o modelo de análisis envolvente de datos (DEA) (Coelli *et al.*, 2005). El análisis DEA parece el más apropiado, dado que en el sector agropecuario un ganadero tiene más

control sobre los factores de la producción que sobre los niveles de productos, que pueden estar limitados desde el exterior (Theodoridis *et al.*, 2012).

Los estudios sobre la eficiencia en la producción ganadera se han realizado en diferentes especies, en cerdos (Lansink y Reinhard, 2004; Galanopoulos *et al.*, 2006), en bovinos productores de carne (Iráizoz y Atance, 2004; Angón *et al.*, 2013) y leche (Jiang y Sharp, 2015), y en cabras (Gaspar *et al.*, 2009). En ovinos, los índices de ET para producción de leche son de 0.67 a 0.97 para sistemas trashumantes y sedentarios (Shomo *et al.*, 2010), de 0.66 a 0.74 en sistemas de producción de leche orgánica (Toro-Mujica *et al.*, 2011) y de 0.898 a 0.905 en explotaciones de leche privadas y cooperativas (Furesi *et al.*, 2013). En la producción de lana Fraser y Horrace (2003), reportaron una ET de 0.406-0.834 en sistemas de pastoriles. En ovinos para carne, los trabajos de Pérez *et al.* (2007) reportaron una ET de 0.476, Shomo *et al.* (2010) de 0.670-0.97 y Galanopoulos *et al.* (2011) de 0.660.

La ET se ha medido en diferentes sistemas de producción (Galanopoulos *et al.*, 2011), o entre explotaciones de producción mixta de ovinos en combinación con diferentes especies (cabras, cerdos, bovinos) (Gaspar *et al.*, 2009), sin embargo, por el tipo genético de los ovinos no se encontró ningún estudio. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la eficiencia técnica de las explotaciones de ovinos y su relación con el tipo genético de las ovejas en crianza para identificar los aspectos que distinguen a las explotaciones más eficientes, con el propósito de determinar las mejores prácticas de gestión.

### **3.3. Materiales y métodos**

#### **3.3.1. Área de estudio**

El trabajo se realizó en la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana, en la provincia ecológica Lagos y Volcanes de Anáhuac de los Estados de Puebla y Tlaxcala (Francois y Pérez-Vega, 2005), ubicada en las coordenadas 18°54', 19°56' de Latitud Norte y 97°17' y 98°37' de Longitud Oeste. La altitud tuvo un rango de 1621 a 3160



msnm (INEGI, 2014). El clima dominante es el C(w2)(w), templado subhúmedo con lluvias en verano (García, 1998). La temperatura oscila de 5 a 26°C. La precipitación tiene un rango de 400 a 1200 mm. Los tipos de vegetación son pastizal abierto y matorrales crasicaule en el clima seco, y bosque de pino-encino-oyamel y matorral en las zonas de sierra y de alta montaña.

### **3.3.2. Registro de datos**

La información de las explotaciones se registró en un cuestionario con entrevista directa, como lo señalan Galanopoulos *et al.* (2011). En la explotación se registró el número de ovinos, tierra total, tierra agrícola, infraestructura, número de corrales, maquinaria y equipo (Pérez *et al.*, 2007). En lo económico se registró la compra de insumos, pago de mano de obra, compra de medicina, compra de sal mineral, pago de veterinario y venta total de ovinos, siguiendo la metodología de Toro-Mujica *et al.* (2011) y Theodoridis *et al.* (2012).

El número de explotaciones a entrevistar se determinó con muestreo simple aleatorio (Newing *et al.* 2011) y varianza máxima, con un margen de error del 6.5% y una varianza máxima del 0.25. El tamaño de muestra fue de 227 explotaciones ovinas. La entrevista se realizó en la explotación, y el entrevistado fue el propietario de los ovinos como lo recomiendan Gaspar *et al.* (2009).

### **3.3.3. Estimación de la eficiencia**

Para el cálculo de la eficiencia técnica se utilizó el análisis envolvente de datos (DEA). El DEA es un método no paramétrico para medir la eficiencia de las unidades de producción (Hosseinzadeh-Bandbafha *et al.*, 2016). El DEA utiliza modelos de programación lineal para calcular la función de producción de frontera de un grupo de unidades de decisión (DMUs) y evalúa la eficiencia técnica relativa de cada unidad, permitiendo hacer distinciones entre unidades eficientes e ineficientes. Las unidades con las mejores prácticas determinan la frontera, asignándoles una puntuación de 1, el

grado de ineficiencia técnica del resto es calculado con base a la distancia Euclidiana de su relación factor de la producción-producto desde la frontera (Coelli, 1998).

Suponiendo que hay  $n$  DMUs, cada una produce un sólo producto mediante el uso de  $m$  diferentes factores de la producción y la  $i$ ésima DMU produce unidades  $y_i$  de productos usando  $x_{ki}$  unidades de los factores de la producción  $k$ th, los rendimientos variables a escala (VRS), del modelo orientado a los productos para la DMU  $i$ th se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Max } \theta_i \\ \theta_i \lambda_i \end{aligned}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - \theta_i y_i \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{kj} \leq x_{ki}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0;$$

$k = 1, \dots, m$  factores de la producción;  $j = 1, \dots, n$  DMUs;

Donde  $\theta_i$  es el incremento proporcional del producto posible para la DMU  $i$ ésimo y  $\lambda_j$  son variables intensidad, lo que indica que la intensidad de una actividad particular puede ser empleada en producción (Coelli y Lawrence, 2006).

Asumiendo rendimientos de escala constantes (CRS), la eficiencia técnica (TE) para que una unidad produzca  $k$  productos usando  $m$  factores de la producción se obtiene el modelo siguiente:

$$\text{Minimizar } \theta$$

Sujeto a:

$$y_i \leq Y \lambda$$

$$\theta x_i \geq X \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

Dónde  $y_i$  es el vector ( $k \times 1$ ) del valor de los productos producidos y  $x_i$  es el vector ( $m \times 1$ ) del valor de los factores de la producción usados para la unidad  $i$ .  $Y$  es el vector ( $k \times n$ ) de los productos y  $X$  es el vector ( $m \times n$ ) de los factores de la producción de todas las unidades  $n$  incluidas en la muestra.  $\lambda$  es el vector ( $n \times 1$ ) de pesos y  $\theta$  es un escalar con límites de uno y cero que determina la eficiencia de cada DMU, es decir,  $\theta = 1$  demuestra un DMU técnicamente eficiente;  $\theta < 1$  demuestra que es una DMU técnicamente ineficiente. Para obtener las puntuaciones o índices de eficiencia para cada explotación, la ecuación tiene que ser resuelta  $n$  veces, una vez para cada una de las explotaciones (Coelli, 1998).

El modelo DEA aplicado en este estudio se compone de un producto (ingreso total por venta de ovinos) y cinco factores de la producción. Los factores de la producción incluyen el gasto por alimentación, mano de obra, pago de servicio veterinario, compra de medicina y compra de sal mineral. Para el cálculo del modelo se utilizó el programa DEAP Versión 2.1, cuyo funcionamiento en detalle aparece en Coelli *et al.* (2005). Con la información de la eficiencia de las explotaciones agrupadas por el tipo genético se realizó un análisis univariado y se construyó un cuadro con los cuartiles resultantes del análisis (SAS, 2014).

### **3.4. Resultados y discusión**

La estadística descriptiva de las variables utilizadas en el modelo DEA para las explotaciones ovinas agrupadas por el tipo genético se presenta en el Cuadro 1. El costo de la mano de obra fue de \$24,486.2, este costo resulta de la suma mano de obra familiar y asalariada que es utilizada exclusivamente para el pastoreo. El valor de la mano de obra representó 0.73 unidad trabajo hombre. La mano de obra sólo consideró las horas utilizadas para el pastoreo. Los productores tienen gastos de \$4,173.5 para la compra de alimentos, que se utilizan como complemento en la época seca del año. Los ingresos totales anuales son menores a los US \$1,500.0, lo que coincide con lo señalado por Milán *et al.* (2003), la baja rentabilidad en la producción

ovina y más del 45% de la explotaciones deberían ser clasificadas como no viables, principalmente debido a la baja productividad de los animales.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de las variables del modelo DEA.

Variables	Ovinos lana			Ovino pelo
	Cara negra n=112	Ovino comercial N=34	Criollo N=46	Pelibuey N=29
Costo de maíz grano y rastrojo (Pesos)	4,895	3,250	2,825	4,610
Costo de minerales (Pesos)	750.40	427.9	414.1	670.7
Costo de mano de obra (Pesos)	31,341	23,081	22,995	31,899
Costo del servicio veterinario (Pesos)	987.5	607.4	519.6	737.9
Costo de medicinas (Pesos)	1,975.0	1,214.7	1,039.1	1,475.9
Costos totales (Pesos)	36,742	27,101	26,225	3,6526
Ingresos totales (Pesos)	24,092	14,683	13,328	19,517

El valor promedio de la ET de las explotaciones de ovinos fue de 0.508, superior al valor promedio de 0.476 registrados en Grecia por Galanopoulos *et al.*, (2011). Sin embargo, la mayoría de los trabajos realizados en Grecia tuvieron una eficiencia superior, este valor fue 0.760 para 58 explotaciones de ovinos (Theodoridis *et al.*, 2012), valor de ET de 0.663 en promedio para 217 explotaciones (Theocharopoulos *et al.*, 2007) y de 0.768 para todo el sector ovino del mismo país (Melfou *et al.*, 2009). Como lo muestra en Siria Shomo *et al.* (2010), la eficiencia es de 0.670 para el sistema de producción migratorio, 0.770 para el trashumante, 0.880 para el semi-sedentario y 0.970 para el sedentario.

La ET de 0.508 de este estudio indica que las explotaciones podrían producir la misma cantidad de productos con 50% de los factores de la producción utilizados actualmente (suponiendo que no hay otros factores limitantes en el sistema de producción), de modo que hay un margen de 50% de ahorro. Como lo establecen en su estudio Gaspar *et al.* (2009), existen tres factores que permitirían lograr este ahorro de insumos: con razas mejor adaptadas al medioambiente, producir los propios alimentos (forrajes) para reducir la cantidad de alimento que se compra y optimizar el uso de mano de obra. En España, Toro-Mujica *et al.* (2011) mencionan tres graves problemas que afectan los índices de ET: 1) el uso inadecuado de insumos de dependencia externa y reducción de la superficie de pastoreo, 2) reducción de los costos al limitar la alimentación suplementaria y 3) hacer coincidir la temporada de parto con la máxima producción de forraje. En este contexto, se encuentran coincidencias con el presente estudio, los factores que presentan el mayor valor económico son mano de obra y el costo de la alimentación.

El análisis DEA revela que la ET de las explotaciones agrupado por ovinos de lana y de pelo es baja. La puntuación promedio de la ET para ovinos de lana fue de 0.462 y para ovinos de pelo de 0.325 (Cuadro 2), lo que representa una tasa de ineficiencia 54 y 68%, respectivamente. Es evidente que existe variación en cuanto a la utilización de los recursos de que dispone la explotación.

Cuadro 2. Eficiencia técnica por tipo genético.

Tipo genético	Número de explotaciones	Eficiencia técnica	CRSte	VRSte	Escala
Ovinos lana	192	0.462	0.462	0.736	0.650
Cara negra	112	0.485	0.485	0.675	0.741
Criollo	46	0.525	0.525	0.878	0.621
Ovino comercial	34	0.697	0.697	0.856	0.815
Ovino de pelo	29	0.325	0.325	0.762	0.473

crste = eficiencia técnica de CRS DEA

$vrste$  = eficiencia técnica de VRS DEA

Escala = eficiencia de escala =  $crste/vrste$

Las explotaciones con ovinos cara negra presentaron una ET global de 0.485, lo que indica una mala gestión de sus insumos, sin embargo, esta ineficiencia se puede revertir para mejorar los rendimientos mediante la reducción en la compra de insumos innecesarios y producir el alimento dentro de la misma explotación como lo recomiendan Shomo *et al.*, (2010). Dos explotaciones (0.90%) de este tipo genético fueron eficientes, su índice de ET fue de uno, lo que indica que utilizan la tecnología existente de manera muy racional en términos de gestión. El 23.2% (26 explotaciones) superan el 0.500 y 86 explotaciones (76.7%) tuvieron una puntuación de ET por debajo de este valor (Cuadro 2), lo que indica una variación en la utilización de los recursos.

El tipo genético Criollo tuvo el mayor número de explotaciones eficientes técnicamente (4.07%, nueve explotaciones), debido a que los productores no consideran la eficacia de varios factores de producción, especialmente cuando tratan de mejorar los resultados utilizando la misma raza local (Pérez *et al.*, 2007). En su investigación Galanopoulos *et al.* (2011), atribuyeron el resultado a la resistencia y adaptación de las razas locales, por lo tanto, estas razas demuestran ser productivas. El 19.5% de las explotaciones presentaron un ET mayor a 0.500 y 37 explotaciones (80.4%) presentaron valores menores a 0.500.

Tres explotaciones con ovino comercial de lana obtuvieron un índice de ET de 1. Este grupo incluyó al mayor número de explotaciones que superan 0.500 de ET, representando el 70.5% (24 explotaciones). Sólo 10 explotaciones (29.4%) presentan resultados menores a este valor.

Sólo una explotación con ovinos de pelo mostró ser eficiente. El 96.5% (28 explotaciones) tuvieron una ET menor a 0.500. El ovino de pelo es recomendado por los técnicos por su rusticidad y alta prolificidad en los ambientes húmedos y subhúmedos, similar a lo señalado por Dzib *et al.* (2011), pero no es evidente un buen

comportamiento en climas templados y fríos, como es la región de estudio. Las explotaciones de pelo tuvieron la ET más baja (0.325), lo que se atribuye al menor tamaño corporal y peso, en comparación con los ovinos de lana. Las explotaciones con ovinos de pelo tuvieron el menor tamaño de rebaño (26 ovinos) y como lo señalaron Galanopoulos *et al.* (2011), las explotaciones menos eficientes son las que tienen el menor tamaño del rebaño.

En la literatura no existe información específica relativa al número óptimo de grupos a formar de acuerdo con el nivel de eficiencia obtenida, ni la extensión de cada grupo (Theodoridis *et al.*, 2012; Galanopoulos *et al.*, 2011). En este estudio los resultados se presentaron con el uso de cuartiles para clasificar en grupos de eficiencia a las explotaciones (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuartiles para la clasificación de explotaciones con diferente tipo genético de ovinos.

Cuartil	Ovinos pelo	Ovinos lana		
		Ovino comercial	Cara Negra	Criollo
100% Máx	1	1	1	1
99%	1	1	1	1
95%	0.490	1	0.801	1
90%	0.441	0.957	0.754	1
75% Q3	0.372	0.886	0.568	0.555
50% Mediana	0.314	0.715	0.458	0.471
25% Q1	0.260	0.544	0.365	0.372
10%	0.127	0.429	0.259	0.281
5%	0.117	0.290	0.225	0.228
1%	0.081	0.218	0.180	0.184
0% Mín	0.081	0.218	0.145	0.184

Las explotaciones con ovino comercial de lana y con ovinos criollos presentaron la mayor ET, 0.697 y 0.525, respectivamente. Se infiere que las explotaciones con ovinos de lana hacen un mejor uso de insumos, tienen adaptación a las condiciones de clima templado de la región y su reproducción no está afectada por el fotoperiodo, con la posibilidad de obtener tres partos en dos años, como lo reportan Clemente *et al.* (2013).

Las explotaciones con ovino comercial de lana tuvieron la mayor eficiencia en el estudio (0.697) que el resto de las explotaciones de los diferentes tipos genéticos, lo cual se atribuye al uso de tecnología existente y la diferencia en el tamaño de rebaño. Lo que puede entenderse porque su productividad aumenta a medida que la explotación se vuelve más intensiva (Galanopoulos *et al.*, 2011). Por su parte Theodoridis *et al.* (2012) mencionan que la ET se correlaciona con el tamaño del rebaño, lo que implica que las explotaciones más eficientes son las más grandes en relación con el tamaño del rebaño por tener mayor cantidad de ovejas en producción. Sin embargo, no siempre es así, en explotaciones de bovinos productores de leche la eficiencia más alta se reportó en explotaciones de escasa dimensión en número de vacas y superficie, con un modelo pastoril de carácter familiar, bajo un sistema ganadero de mínimos insumos orientado a una producción a mínimo costo; donde la producción lechera se ajustó a la capacidad de la pradera y al aporte de heno, ensilado o grano (Angón *et al.*, 2013). Por lo tanto, es necesario que las explotaciones se ajusten a una escala óptima de producción (Gaspar *et al.*, 2009).

En el presente estudio las explotaciones con mayor índice de ET fueron aquellas con un tamaño de rebaño medio (42.6 ovinos). Se infiere que en explotaciones con rebaños grandes el bajo índice de ET se debe a que no todas las ovejas son productivas o a la mortalidad de corderos. Los productores optan por un tamaño de rebaño grande porque les proporciona estatus social, sin importar la productividad.

Para incrementar la ET de las explotaciones de la región, es necesario implementar el uso de registros, para conocer los niveles productivos y reproductivos del rebaño, al



mismo tiempo reducir la mortandad de corderos, producir el propio forraje para no depender de insumos externos, en caso de compra de insumos hacer uso de economías de escala, como lo recomiendan Galanopoulos *et al.* (2011). Además, las explotaciones más eficientes parecen manejar la alimentación de manera más racional, siendo esta la principal determinante de la producción (Theodoridis *et al.*, 2012). Para hacer más eficiente el sistema de producción, los productores elijen fuentes alternativas para la alimentación, al mismo tiempo, utilizan métodos de conservación de forrajes que permitan bajar los costos de producción como lo reportan Shomo *et al.* (2010).

A pesar de que la mayoría de explotaciones de ovinos son ineficientes, se observó que operan bajo rendimientos crecientes a escala (IRS), por lo tanto, un aumento proporcional en los factores de la producción se reflejará en un aumento proporcional de los productos (Galanopoulos *et al.*, 2011). Sólo 4.97% (11 explotaciones) presentaron DRS, lo que indica que probablemente habían aumentado su capacidad operativa a mayor que la óptima.

Algunos factores que se pueden corregir para incrementar la ET son el desecho de ovejas improductivas, selección de ovejas para reproductoras, diseño de programas de alimentación, aplicación de programas sanitarios y reproductivos (Pérez *et al.*, 2007; Gaspar *et al.*, 2009).

### **3.5. Conclusión**

El sistema de producción de ovino tiene como principales costos a la mano de obra y la alimentación. El ingreso por venta de corderos es la principal entrada para el análisis envolvente de datos. Se encontró diferencia en el uso de recursos entre las explotaciones ovinas de lana y de pelo. Las explotaciones con ovino comercial de lana tuvieron la más alta eficiencia técnica, seguida de las explotaciones con ovejas nativas y por último, están las que tienen ovinos de pelo. La eficiencia promedio de las explotaciones de estudio es similar a las explotaciones ovinas a pequeña escala y con escaso nivel de tecnología en el proceso de producción. Con el fin de mejorar la producción de ovinos se propone gestionar el mejor uso de la tecnología de producción

con un menor uso de insumos externos y el uso de economías de escala para la adquisición de insumos.

### 3.6. Referencias

- Argilés, B.J.M. 2007. La información contable en el análisis y predicción de viabilidad de las explotaciones agrícolas (Accounting information in analyzing and predicting farm viability). *Revista de Economía Aplicada* 15(44):109-135.
- Angón E., A. García, J. Perea, R. Acero, P. Toro-Mújica, H. Pacheco, A. González. 2013. Eficiencia técnica y viabilidad de los sistemas de pastoreo de vacunos de leche en la pampa, Argentina. *Agrociencia* 47: 443-456.
- Annett, R.W., Carson, A.F., Dawson, L.E.R., Irwin, D., Kilpatrick, D.J., 2010. Effects of breed and age on the performance of crossbred hill ewes sourced from Scottish Blackface dams. *Animal* 5, 356-366.
- Clemente, N., A. Orihuela, I. Flores-Pérez, V. Aguirre, J. Valencia. 2013. Reproductive behaviour of Saint Croix and Suffolk rams at medium latitudes (19° N) during long days while being exposed to Suffolk ewes in seasonal anestrus. *Arch Med Vet* 45, 67-70.
- Coelli, T. 1998. A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models, *Operations Research Letters* 23: 143–149.
- Coelli, T., Prasada, D., O'Donnell, C., Battese, G. 2005. An introduction to efficiency and productivity analysis. 2<sup>ND</sup> Edition. Springer, USA.
- Coelli, T., Lawrence, D., 2006. Performance measurement and regulation of network utilities. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- De Lucas Tron, J., L. A. Zarco-Quintero, E. González-Padilla, J. Tórtora-Pérez, A. Villa-Godoy, C. Vásquez- Peláez. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Veterinaria México* 34(3): 2-12.

- Dzib, C.A., Ortiz de Montellano, A., Torres-Hernández, G. 2011. Variabilidad morfoestructural de ovinos Blackbelly en Campeche, México. Arch. Zootec. 60 (232): 1291-1301.
- Francois, M.J., B.A. Pérez-Vega. 2005. La representatividad del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP). Gaceta Ecológica 74, 5-14.
- Fraser, I. M., W. C. Horrace. 2003. Technical efficiency of Australian wool production: point and confidence interval estimates. Journal of Productivity Analysis, 20:169-190.
- Furesi, R., F. A Madau, P. Pulina. 2013. Technical efficiency in the sheep dairy industry: an application on the Sardinian (Italy) sector. Agricultural and Food Economics, 1(1):1-11.
- Galanopoulos K., S. Aggelopoulos, I. Kamenidou, K. Mattas. 2006. Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. Agricultural Systems 88: 125-141.
- Galanopoulos, K., Z. Abas, V. Laga, L. Hatziminaoglou, J. Boyazoglu. 2011. The technical efficiency of transhumance sheep and goat farms and the effect of EU subsidies: do small farms benefit more than large farms? Small Ruminant Res. 100:1-7.
- García, E. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Gaspar, P., F.J. Mesías, M. Escribano, F. Pulido. 2009. Assessing the technical efficiency of extensive livestock farming systems in Extremadura, Spain. Livestock Science 121:7-14.
- Hosseinzadeh-Bandbafha, H., D. Safarzadeh, E. Ahmadi. 2016. Optimization of energy consumption of dairy farms using data envelopment analysis -a case study: Qazvin city of Iran. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.04.006>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2014. Anuario Estadístico del Estado de Puebla. Puebla, México. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

- Iráizoz, B., Atance, M., 2004. Análisis de la eficiencia técnica en explotaciones ganaderas de vacuno de carne en España. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 204, 67-94.
- Jiang, N., B. Sharp. 2015. Technical efficiency and technological gap of New Zealand dairy farms: a stochastic meta-frontier model. *J Prod Anal.* 44:39-49.
- Lansink, A.O., Reinhard, S., 2004. Investigating technical efficiency and potential technological change in Dutch pig farming. *Agricultural Systems* 79, 353–367.
- Melfou, K., A. Theocharopoulos, E. Papanagiotou. 2009. Assessing productivity change with SFA in the sheep sector of Greece. *Oper Res Int J* 9:281–292.
- Newing, H., C.M. Eagle y R.K. Puri, C.W. Watson. 2011. *Conducting research in conservation: A social science perspective.* Publishing by Routledge. London, UK.
- Milán, M.J., E. Arnalte, G. Caja. 2003. Economic profitability and typology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Ruminant Research* 49 (2003) 97–105
- Montaldo, H.H., C. Flores-Serrano, Y. Sulaiman, J. Osorio-Avalos, A. Ortiz-Hernández, R.B. Angulo-Mejorada. 2011. Crecimiento y comportamiento reproductivo de ovinos Poll Dorset y Suffolk bajo condiciones intensivas. *Rev Mex Cienc Pecu* 2(4), 359-369.
- Partida de la Peña, J.A., D. Braña-Varela, y L. Martínez-Rojas. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruza con Suffolk o Dorset, *Téc Pecu Méx* 47(3):313-322.
- Pérez J.P., J.M. Gil, I. Sierra. 2007. Technical efficiency of meat sheep production systems in Spain. *Small Ruminant Research* 69:237-241.
- SAS, Statistical Analysis Systems. 2014. *SAS/ETS® 13.2 User's Guide.* Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2015. *Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera* 2015. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).

- Shomo, F., M. Ahmed, K. Shideed, A. Aw-Hassan, O. Erkan. 2010. Sources of technical efficiency of sheep production systems in dry areas in Syria. *Small Ruminant Res.* 91:160-169.
- Theocharopoulos, A., Melfou, K., Papanagiotou, E., 2007. A microeconomic approach for agricultural development: a DEA application to Greek sheep farms. *New Medit.* 4, 48–53.
- Theodoridis, A., A. Ragkos, D. Roustemis, K. Galanopoulos, Z. Abas, E. Sinapis. 2012. Assessing technical efficiency of Chios sheep farms with data envelopment analysis. *Small Ruminant Research* 107: 85-91.
- Toro-Mujica, P., A. García, A.G. Gómez-Castro, R. Acero, J. Perea, V. Rodríguez-Estévez, C. Aguilar, R. Vera. 2011. Technical efficiency and viability of organic dairy sheep farming systems in a traditional area for sheep production in Spain. *Small Ruminant Res.* 100:89-95.
- Ulloa-Arvizu R., Gayosso, V.A., Alonso, M.R.A. 2009. Origen genético del ovino criollo mexicano (*Ovis aries*) por el análisis del gen del citocromo C oxidasa subunidad I. *Téc Pecu Méx.*, 47(3), 323-328.
- Vázquez-Soria, E.T., J. A. Partida de la Peña, Ma. S. Rubio-Lozano, D. Méndez-Medina. 2001. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Rev Mex Cienc Pecu*, 2(3): 247-258.



## CONCLUSIONES GENERALES

El sistema de producción de ovinos del altiplano de Puebla y Tlaxcala es a pequeña escala, definido por un rebaño promedio de cien cabezas de ovinos por explotación, seis hectáreas de tierra, productores con estudios de primaria y veinte años de experiencia en la producción. El pastoreo en rastrojeras, agostaderos y áreas de bosque es la principal fuente de alimentación. Los cultivos asociados a la producción de ovinos son maíz, avena y cebada, lo que coincide con los reportes de países con climas semiáridos. En el manejo, los productores hacen coincidir los partos con la disponibilidad de forraje, como una forma de reducir los costos de producción. El tipo genético de ovinos en crianza es la cruce de Suffolk y criollo. La venta de los corderos se realiza después de un periodo de engorda de siete meses y con un precio de venta cuarenta pesos por kilogramo.

El análisis de conglomerados agrupó a las explotaciones por su dimensión como primer factor, que es explicada por el tamaño de rebaño, costo de los insumos y costo de mano de obra. En el segundo factor está el perfil socioeconómico del productor, donde la edad y la experiencia son las variables que lo determinan. Otro factor es la producción de insumos agrícolas, que está explicada por la producción de rastrojo y grano de maíz. El último factor es la producción de corderos, que esta explicada por la duración de la engorda, peso al nacimiento, peso y precio a la venta.

Las explotaciones ovinas se clasificaron en familiares de subsistencia, la asociación ovino-cereal y extensiva de montaña. La primera, agrupa a la mayoría de las explotaciones y se caracterizan por poseer una hectárea de tierra, un jornal y la producción de menos de tres toneladas de rastrojo de maíz, sin compra de insumos externos.

La segunda, es la producción de ovinos asociada a cereales, tienen dos jornales y un rebaño de dimensión intermedia. El tamaño de la tierra, cercana a las diez hectáreas y cultivada con maíz, cebada y avena, es el principal recurso para producción. Los ingresos superan los veinticinco mil pesos por año. En tercer lugar, están las explotaciones extensivas de montaña, con rebaños de más de doscientas cabezas de ovejas y menor uso de mano de obra familiar. La dimensión de estas explotaciones

favorece la engorda de corderos después del destete. Como insumos externos se compran grano de maíz, rastrojo y sales minerales. El ingreso total de la explotación es mayor de sesenta mil pesos al año.

La población de ovejas dominantes en el área de estudio son de cara negra de tamaño y peso mediano, forma rectangular del cuerpo, perímetro torácico desarrollado y con aptitud cárnica. Por el tamaño corporal, las ovejas se ubican en aquellas poblaciones de sistemas extensivos dependientes de la tierra criadas en climas semiáridos y con escasa selección artificial.

La eficiencia técnica global de las explotaciones ovinas fue menor al 50%, este valor es común en unidades de producción de pequeña escala, con escaso nivel de tecnología en el proceso de producción y de sistemas pastoriles de áreas rurales de clima semiárido. La baja eficiencia de las explotaciones representa una oportunidad para mejorar la asignación de los factores de la producción para obtener mayor cantidad de productos. Por el tipo de ovino, la eficiencia técnica fue mayor en las explotaciones con ovinos de lana y menor en las que crían ovinos de pelo. Las cruzas con ovino comercial de lana tuvieron la eficiencia técnica más alta, seguida de las explotaciones con ovejas criollas y por último, las explotaciones con ovejas cara negra. La gestión de la explotación para mejorar la eficiencia debe considerar el uso óptimo de la tecnología de producción, menor uso de insumos externos y el uso de economías de escala para la adquisición de insumos.

Con el estudio realizado se concluye que la producción de ovinos en el altiplano de Puebla y Tlaxcala es a pequeña escala, con escasos medios de producción, dependiente de la tierra y mano de obra familiar, con uso de ovejas locales y sus cruzas, destina la producción para abastecer el mercado local, y los ingresos aseguran el autoempleo de la mano de obra.