



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

**POSTGRADO DE
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL**

**ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN OVINA ASOCIADA A LA
AGRICULTURA DE TEMPORAL EN EL NOR-PONIENTE DE
TLAXCALA**

J. REYES GALAVIZ RODRÍGUEZ

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

DOCTOR EN CIENCIAS

Puebla, Puebla
2009

La presente tesis, intitulada: **Análisis del sistema de producción ovina asociada a la agricultura de temporal en el Nor-Poniente de Tlaxcala**, realizada por el alumno: J. Reyes Galaviz Rodríguez, 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

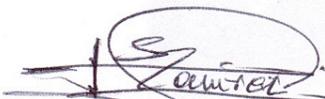
CONSEJO PARTICULAR

Consejero



Dr. Samuel Vargas López

Asesor



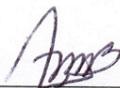
Dr. Efrén Ramírez Bribiesca

Asesor



Dr. José Luis Zaragoza Ramírez

Asesor



Dr. Ángel Bustamante González

Asesor



Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez

Asesor



Dr. Javier Ramírez Juárez

Puebla, Pue., 24 de noviembre de 2009

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN OVINA ASOCIADA A LA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN EL NOR-PONIENTE DE TLAXCALA

RESUMEN GENERAL

J. Reyes Galaviz Rodríguez, Dr.

Colegio de Posgraduados, 2009

El objetivo del trabajo fue analizar la producción de ovinos asociada a la agricultura de temporal, para determinar los parámetros productivos y económicos que ayuden a orientar la toma de decisiones de los productores de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala. El estudio se realizó en seis municipios del Distrito de Desarrollo Rural Calpulalpan (DDR 163) y comprendió dos etapas: a) se caracterizó el sistema de producción de ovinos con la información de 228 explotaciones seleccionadas en forma aleatoria, y b) se dio seguimiento a 610 corderos en 15 rebaños desde el nacimiento hasta los 200 días de edad. Se estimaron los estadísticos descriptivos para las variables de las explotaciones y se clasificaron con técnicas multivariadas. El crecimiento de los corderos se analizó mediante análisis de varianza y modelos de regresión. Los componentes clave del sistema fueron la tierra, el tamaño de rebaño y la cantidad de ovejas de cría. El análisis discriminante identificó como sistemas de producción dominantes a la producción de ovinos-cereales y ovinos con recursos múltiples; agrupados con base en el acceso a las áreas de pastoreo, la cantidad de activos de capital, la productividad y la generación de ingresos. El peso vivo de los corderos tuvo diferencia significativa para sistema de producción, sexo, tipo genético, estación de parto, tipo de nacimiento y la interacción del sistema de producción por la estación de parto. En las corderas el mayor peso al nacimiento tuvo relación con una mayor tasa de crecimiento lineal hasta los 140 días de edad. Los resultados del análisis del sistema y el seguimiento a los rebaños, indicaron la conveniencia de orientar la producción de ovinos al mercado mediante estrategias de capacitación y de organización de la ovinocultura, según el tamaño de rebaño, el acceso a las áreas de pastoreo y al tipo genético del pie de cría.

Palabras clave: tipología de explotaciones, modelos de crecimiento de corderos, análisis multivariados, ganancia diaria de peso.

ANALYSIS OF SHEEP PRODUCTION SYSTEM ASSOCIATED TO RAINFED AGRICULTURE IN NORTHWESTERN TLAXCALA STATE

ABSTRACT

J. Reyes Galaviz Rodríguez, Dr.
Colegio de Posgraduados, 2009

The objective of this work was to analyze sheep production associated to rainfed agriculture, in order to determine the productive and economic parameters that help to drive decision-making process, and to get better profits for sheep enterprises at the nor-west of Tlaxcala State. This study was carried out in six municipalities of the Rural Development District of Calpulalpan (DDR 163), a sampling survey was carried out with 228 small farmers randomly selected for characterizing the sheep production system. In a second step, was to follow-up to 610 lambs from birth to 200 days of age at 15 flocks. The farm information analysis included descriptive parameters, and then they were classified by multivariate techniques with SAS. The lamb growth was analyzed by ANOVA and linear regression. Discriminate analysis revealed that land, herd size and number of breeding ewes were the key components of the sheep production system. Based on the amount of capital assets, productivity, income levels, and grazing land availability two types of production sheep farm were identified by discriminate analysis; named cereal-sheep production systems, and sheep production system with multiple resource utilization. The lamb growing live weights were different among production system, lamb sex, genetic type, season offspring, birth type, and the interaction of production system by season offspring. The lineal models for growing female lambs showed that a high birth weight was related to a highest average daily post weaning weight until 140 days of age. The analysis of sheep production systems and flocks follow-up, pointed out that it is convenient to drive sheep production towards market orientated through training of producers and organizational strategies according to flock size, feeding resources availability and the genetic type of breeding stock.

Key words: Farm typology, lamb growth model, multivariate analysis, daily gain lamb growth.

AGRADECIMIENTOS

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

Al Dr. Samuel Vargas López por su invaluable apoyo, confianza y a quien debo parte de mi formación académica.

A mis asesores incondicionales:

Al Dr. José Luís Zaragoza Ramírez por sus conocimientos y su gran valor humano.

Al Dr. Efrén Ramírez Bribiesca por sus valiosos aportes y motivación en mi formación académica.

Al Dr. Ángel Bustamante González por sus aportes y orientación puntual del trabajo.

Al Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez por sus comentarios aportes y sus conocimientos brindados para la realización y culminación de la tesis.

Al Dr. Javier Ramírez Juárez por su orientación y visión del trabajo.

A mis sinodales:

Los Drs. Francisco Calderón Sánchez y Luciano Aguirre Álvarez por su participación en culminación de una meta más.

A los productores: Marcelo Juárez Juárez, Alfredo Blancas Contreras, Alberto Lozada Hernández, Magdaleno Guzmán García, Abraham Jiménez López, Emiliano González Ortega, Pablo Tzompa Jiménez, Hilario Gonzalo Cordero Olvera y Javier López García, por las facilidades otorgadas en sus unidades de producción ovina.

A mis amigos y demás personas que de alguna manera me apoyaron para la culminación de este trabajo de tesis.

DEDICATORIA

A mis padres Virginia y J. Rosario por darme la vida, amor y su ejemplo de entereza,
Gracias.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Literatura citada	3
CAPITULO I. EVALUACIÓN TERRITORIAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA EN LA REGIÓN NOR-PONIENTE DE TLAXCALA.....	6
1.1. Resumen	6
1.2. Abstract	7
1.3. Introducción	8
1.4. Materiales y métodos	9
1.4.1. Área de estudio	9
1.4.2. Caracterización de las explotaciones ovinas en base territorio...	10
1.4.3. Análisis estadístico	11
1.5. Resultados y discusión	12
1.5.1. El sistema de producción ovina	12
1.5.2. Clasificación de las explotaciones ovinas con base en el territorio	16
1.6. Conclusiones e implicaciones	23
1.7. Literatura citada	24
CAPITULO II. LAMBS PRODUCTION OF SMALL FARMERS ON THE MEXICAN PLATEAU.....	30
2.1. Abstract	30
2.2. Introduction	30
2.3. Materials and methods.....	32

2.3.1. Location.....	32
2.3.2. Sheep production farms	32
2.3.3. Sheep breeds	33
2.3.4. Measurements on lambs	33
2.3.5. Experimental design and analysis of the data	34
2.4. Results and discussion	35
2.4.1. Weight of the lambs at time of birth	35
2.4.2. Lamb weight at 84 days	38
2.4.3. Weight of the lambs at 182 days	39
2.4.4. Average daily gain	40
2.5. Conclusions	44
2.6. Literature reference	44
CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DEL CRECIMIENTO DE CORDERAS DESDE EL NACIMIENTO A LOS 200 DÍAS DE EDAD USANDO MODELOS DE REGRESIÓN.....	47
3.1. Resumen	47
3.2. Introducción	48
3.3. Materiales y métodos	49
3.3.1. Área de estudio	49
3.3.2. Manejo alimenticio de las madres	49
3.3.3. Animales de estudio	50
3.3.4. Análisis y modelo estadístico	50
3.4. Resultados y discusión	51
3.4.1. Selección de los modelos de crecimiento	51
3.4.2. Modelos de crecimiento para razas	52
3.4.3. Modelos de crecimiento para razas y tipo de nacimiento	55
3.5. Conclusiones	58
3.6. Literatura citada.....	58
CONCLUSIONES GENERALES	61

INDICE DE CUADROS

CAPITULO I		Página
Cuadro 1	Medias obtenidas por el método de mínimos cuadrados para las variables de las explotaciones ovinas en seis municipios del nor-poniente del estado de Tlaxcala	13
Cuadro 2	Funciones canónicas estandarizadas para las explotaciones ovinas de los municipios del nor-poniente de Tlaxcala	17
Cuadro 3	Clasificación canónica y nivel de error de las explotaciones ovinas en los municipios de nor-poniente de Tlaxcala	19
Cuadro 4	Medias obtenidas por el método de mínimos cuadrados para las variables de los sistemas de producción de ovinos en el nor-poniente del estado de Tlaxcala	22
CAPITULO II		
Table 1	Mean weight for lambs at birth according to the period of the year, season of the year, type of birth, lamb sex, lamb phenotype and sheep production system from the Mexican High Plateau.....	37
Table 2	The average daily gain (kg/head/day) for pre-weaning, post-weaning and final periods in lambs for different variables of classification	41
CAPITULO III		
Cuadro 1	Cuadrados medios del error (CME, kg ²) y coeficientes de determinación (R ²) para los modelos lineales y cuadráticos para peso vivo (PV) en función de la edad y genotipo de las corderas..	51
Cuadro 2	Cuadrados medios del error (CME, kg ²) y coeficientes de determinación (R ²) para los modelos de regresión para peso vivo en función de la edad, raza y tipo de nacimiento de las corderas.....	52
Cuadro 3	Coeficientes para las funciones de regresión con peso vivo (kg) en función de la edad, según genotipo de las corderas.....	54
Cuadro 4	Coeficientes para los modelos de regresión, de cinco tipos genéticos de ovejas, con edad de la cordera según tipo de nacimiento.	57

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I		Página
Figura 1	Delimitación territorial de los sistemas de producción de ovinos en el nor-poniente del estado de Tlaxcala	21
Figura 2	Distribución de los municipios del nor-poniente del estado de Tlaxcala en un espacio bidimensional por la clasificación promedio de las funciones canónicas	23
CAPITULO II		
Figure 1	Birth weight of lambs, from three sheep production systems, grazing (G), grazing and supplement (GS) and semi-housing and supplement (SCF), born in different year season	38
Figure 2	Live weight of lambs at 84 d of age, according to year period, sheep production system [grazing (G), grazing and supplement (GS) and semi-housing and supplement (SHS)], and birth type (single/twin).....	40
Figure 3	Average daily gain according to rainy season, sheep production system [grazing (GS), grazing and supplement (GS) and semi-housing and ratio (SHS)] and lamb birth (single/twin)	43
Figure 4	Average daily gain according to rainy season and sheep production system [grazing (GS), grazing and supplement (GS) and semi-housing and ratio (SHS)]	44
CAPITULO III		
Figura 1	Curvas de crecimiento en función de la edad de las corderas Hampshire (HP), Lana-pelo (LP), Pelibuey (PB), Suffolk (SF) y Suffolk x Hampshire (SFxHP) desde el nacimiento hasta 200 días.....	53
Figura 2	Perfil de la acumulación de peso vivo con la edad de las corderas, de nacimiento doble (D) y simple (S), para cinco tipos genéticos de ovinos, desde el nacimiento hasta 200 días.....	56

INTRODUCCIÓN GENERAL

La mayoría de los sistemas de producción ovina a nivel mundial son de tipo extensivo y el movimiento de los animales en las áreas de pastoreo es la forma para abastecerse de alimento (Haenlein y Abdellatif, 2004). La principal fuente de alimentación es la vegetación natural de los pastizales y los residuos de las cosechas agrícolas. Como lo señalaron Undi *et al.* (2001) y Milis *et al.* (2005), la mayor limitante en la producción de ovinos es la deficiente alimentación en las estaciones críticas del año, que por lo general es la época de sequía. Al no existir uniformidad en la calidad y cantidad de los alimentos que consumen los ovinos, debido al bajo contenido de proteína y altos contenidos de fibra, no se tienen los suficientes nutrientes para satisfacer los requerimientos nutricionales durante las etapas fisiológicas donde se requiere mayor demanda de alimento, como lo son la gestación, lactación, crecimiento y finalización de la engorda (Mekasha, *et al.*, 2002; Lanza, *et al.*, 2003).

Por otro lado, se carece de estrategias de manejo sostenible durante el pastoreo, esto ocasiona deterioro y pérdida de los recursos naturales utilizados en la alimentación (FAO, 2002; Appendini, 2004), da como resultado la reducción en contribución de los sistemas pastoriles a la producción de alimentos (Haenlein y Abdellatif, 2004).

Como estrategia para impulsar a los sistemas de producción, se ha propuesto a la tipificación de explotaciones (Lasseur, 2005; Vázquez *et al.*, 2009). La tipología de explotaciones ovinas permite orientar el proceso de producción para lograr resultados técnicos o económicos acordes a los objetivos y metas de los productores (Ruíz y Oregui, 2001). La metodología más utilizada es la propuesta por la Red Internacional de Metodologías de Investigación en Sistemas de Producción (Berdegué *et al.*, 1990). En unidades ganaderas, las variables más utilizadas son la

calidad y cantidad de tierra, el sistema de producción aplicado, el ingreso neto total, cantidad de mano de obra, el tamaño del hato ganadero y el número de jornales contratados (Solano *et al.*, 2001; Milán *et al.*, 2003).

En el caso de las explotaciones ovinas los sistemas de producción se han clasificado según el área de pastoreo, la salud animal, el área total por animal y la diversificación del ganado (Nahed *et al.* 2005); este procedimiento ha sido utilizado por Vázquez *et al.* (2009) para clasificar a los sistemas agropastorales de ovinos de tipo familiar.

En los estudios para la evaluación de la eficiencia productiva de las explotaciones ovinas, se ha utilizado como criterio al ingreso neto de la empresa, la cual depende del número y peso de los corderos vendidos por hembra al año (Koyuncu y Uzun, 2009). El comportamiento productivo de los corderos está condicionado por la interacción del potencial genético con los factores ambientales (Pittroff *et al.*, 2008), aunque la nutrición es el factor ambiental más importante que influye en el crecimiento de los animales. La mayoría de los estudios se han enfocado a determinar los parámetros genéticos de la curva de crecimiento para ser empleados en programas de selección (Mokhtari *et al.*, 2008). Otro uso práctico de la curva de crecimiento es para estimar el tiempo en que las corderas tengan el peso vivo suficiente para el empadre (Lambe *et al.*, 2006; Ben Salem *et al.*, 2009)

En la producción de ovinos en México, la zona templada aporta el 55% de la carne producida del total nacional (SAGARPA, 2007). Dentro de esta región se ubica el estado de Tlaxcala que ocupa el decimo tercer lugar a nivel nacional en la producción de ovinos, con un inventario ganadero de 170,058 cabezas y una producción de 1,087.2 ton de carne (SAGARPA, 2006); en tanto, INEGI (2006) reporta la existencia de 8,220 unidades de producción ovina, de las cuales el 35.2% son de propiedad privada, el 53.2% ejidales y el 11.6% mixtas.

El fomento a la producción ovina en el estado de Tlaxcala se ha basado en la introducción de tipos genéticos y el uso de granos de los cultivos agrícolas para complementar la alimentación de los animales. La introducción de tipos genéticos ha diversificado las características fenotípicas de las poblaciones ovinas, absorbiendo a los ovinos nativos, sin que existan a la fecha estudios que evalúen los beneficios en las unidades de producción. Para el caso de los granos y subproductos en la alimentación de ovinos, estos se han utilizado en otros países para mejorar la ganancia diaria de peso y alcanzar el peso a mercado de los corderos a edad más temprana (Santra, *et al.*, 2002; Avondo *et al.*, 2004; Ahmed y Abdalla., 2005; Milis, *et al.*, 2005; Solomón, *et al.*, 2005). Por lo cual, se considera importante realizar estudios que permitan a los productores de ovinos incrementar la producción de corderos para satisfacer la demanda del mercado.

El estado de Tlaxcala es importante en la producción de ovinos por la alta densidad por km² y no por el número de animales; existe amplia diversificación en las unidades de producción. Por tal motivo el presente trabajo tuvo como objetivo analizar los sistemas de producción ovina con base a las características socioeconómicas, recursos disponibles y parámetros productivos con el propósito de reorganizar la estructura productiva en la región nor-poniente del estado de Tlaxcala.

Literatura Citada

- Ahmed, M.M.M., and H.A, Abdalla. 2005. Use of different nitrogen sources in fattening of yearling sheep. *Small Rumin. Res.* 56:39-45.
- Appendini, K. 2004. La situación de la agricultura y las estrategias económicas de la población rural. En "El nuevo movimiento campesino mexicano". Fundación Heberto Castillo, A.C. México.
- Avondo, M., L. Lutri, and P. Pennisi. 2004. Feeding behaviour of Comisana rams as affected by crude protein level of concentrate. *Small Rumin. Res.* 55:135-140.
- Ben Salem, M. Rekik, M. Ben Hamouda, N. Lassoued, and D. Blache. 2009. Live weight and metabolic changes and the associated reproductive performance in maiden ewes. *Small Rumin. Res.* 81:70-74.

- Berdegúe, J., O. Sotomayor, and C. Zilleruelo. 1990. Metodología de tipificación de la producción campesina de la provincia de Nuble, Chile. En: Berdegúe y Escobar (Ed). Tipificación de sistemas de producción agrícola. Ed. RIMISP Santiago de Chile.
- FAO-2002. FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Aspectos claves de las estrategias para el desarrollo sostenible de las tierras áridas.
- Haenlein, G.F.W., and M.A. Abdellatif. 2004. Trends in small ruminant husbandry and nutrition and specific reference to Egypt. *Small Rumin. Res.*, 51:185-200.
- INEGI. 2006. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala. pp 157.
- Koyuncu, M., and S. K. Uzun. 2009. Growth performance of Karacabey Merino and Kivircik lambs under semi-intensive management in Turkey. *Small Rumin. Res.* 83:64-66.
- Lambe, N. R., E. A. Navajas, G. Simm, and L. Bünger. 2006. A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds. *J. Anim. Sci.* 84:2642-2654.
- Lanza, M., M. Bella, A. Priolo, and V. Fasone. 2003. Peas (*Pisum sativum* L.) as an alternative protein source in lamb diets: growth performances, and carcass and meat quality. *Small Rumin. Res.* 47:63-68.
- Lasseur J. 2005. Sheep farming systems and nature management of rangeland in French Mediterranean mountain areas. *Livest. Prod. Sci.* 96:87-95.
- Mekasha, Y., A. Tegegne, A. Yami, and N.N. Umunna. 2002 Evaluation of non-conventional agro-industrial by-products as supplementary feeds for Ruminants: in vitro and metabolism study with sheep. *Small Rumin. Res.* 44:25–35.
- Milán, M.J., E. Arnalte, G. Caja. 2003. Economic profitability and tipology of Ripollesa breed sheep farms in Spain. *Small Rumin. Res.* 49:97-105.
- Milis, Ch., D. Liamandis, N. Roubies, V. Christodoulou, and A. Giouseljiannis. 2005. Comparison of corn gluten products and soybean-bran mixture as sources of protein for lactating Chios ewes. *Small Rumin. Res.* 58:237-244.
- Mokhatari, M.S., A. Rashidi, and Y. Mohammadi. 2008. Estimation of genetic parameters for post-weaning traits of Kermani sheep. *Small Rumin. Res.* 80:22-27.

- Nahed, J., J.M. Castel, Y. Mena, and F. Caravaca. 2006. Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in southern Spain according to their degree of intensification. *Livest. Sci.* 101:10-23.
- Pittroff, W., F. Dham, F. Blanc, D. Keisler, and T.C. Cartwright. 2008. Onset of puberty and the inflection point of the growth curve in sheep-Brody's Law revisited. *J. Agric. Sci.* 146:239–250.
- Ruíz,R., L. M. Oregui. 2001. El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 16:17-26.
- SAGARPA. 2006. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- SAGARPA-SIAP. 2007. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sistema de Información Agropecuaria. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera <http://www.siap.gob.mx/> Consultado julio 2009.
- Santra, A. S.A. Karim, and O.H Chaturvedi. 2002. Effect of concentrate supplementation on nutrient intake and performance of lambs of two genotypes grazing a semiarid rangeland. *Small Rumin. Res.* 44:37–45.
- Solano, C, H. León, E. Pérez, and M. Herrero. 2001. Characterising objective profiles of Costa Rican dairy farmers. *Agric. Syst.* 67:153-179.
- Solomón, M., K.J. Peters, and A. Tegegne. 2005. Intake, digestibility and passage rate in Menz sheep fed tef (*Eragrostis tef*) straw supplemented with dried leaves of selected multipurpose trees, their mixtures or wheat bran. *Small Rumin. Res.* 56:139-149.
- Undi, M., K. C. Kawonga, and R.M. Musendo. 2001. Nutritive value of maize stover/pasture legume mixtures as dry supplementation for sheep. *Small Rumin. Res.* 40: 261–26
- Vázquez, M.I., S. Vargas, L., J.L. Zaragoza, R., A. Bustamante, G., F. Calderón, S., A. Rojas, J., y M.A. Casiano, V. 2009. Tipología de explotaciones ovinas en la sierra norte del estado de Puebla. *Tec. Pec. Méx.* 47:357-369.

CAPITULO I.
EVALUACIÓN TERRITORIAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
OVINA EN LA REGIÓN NOR-PONIENTE DE TLAXCALA
TERRITORIAL ASSESSMENT OF SHEEP-PRODUCTION SYSTEMS
IN NORTHWESTERN TLAXCALA

1

1.1. Resumen

Se seleccionaron aleatoriamente seis municipios de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala y se agruparon a los sistemas de producción de ovinos con base en el territorio. Se registró información de tipo social, técnica y económica relacionada con la familia campesina y la cría de ovinos en 228 productores seleccionados al azar, con el objetivo de analizar la producción de ovinos asociada a la agricultura de temporal. A los datos se les aplicó análisis de varianza convencional, usando a los municipios como variable independiente para detectar diferencias entre grupos de productores. Posteriormente, los datos se reorganizaron para analizarse con técnicas de análisis discriminante canónico para clasificar a las explotaciones de los diferentes municipios por su similitud en los aspectos sociales, productivos y económicos. Se detectó diferencia estadística significativa entre municipios ($P < 0.05$) para la mayoría de variables sociales, productivas y económicas. La parcela agrícola y el rebaño de ovinos fueron el principal capital activo que determina la productividad y el nivel de generación de ingresos de los sistemas de producción agricultura-ovino de subsistencia. Se identificaron dos territorios: producción de ovinos-cereales (Hueyotlipan, Benito Juárez, Sanctorum y Muñoz de Domingo Arenas) y producción de ovinos con recursos múltiples (Calpulalpan y Nanacamilpa); éstos se agruparon con base en el acceso a las áreas de pastoreo, la cantidad de activos de capital, la productividad y la generación de ingresos ($P < 0.05$).

Palabras clave: Producción de ovinos, productividad, ingresos, territorio, municipios, sistemas de producción.

¹ Artículo enviado a Técnica Pecuaria en México para su revisión, 05-10-2009

1.2. Abstract

Six municipalities of Northwestern Tlaxcala region were randomly selected in order to analyze sheep production based on rainfed crop production, and to classified crop-sheep production systems based on grazing land availability. 228 sheep producers were randomly chosen and personally interviewed to obtain quantitative data for social, productive and economic aspects related to peasant families and primary production activities. To detect statistical differences among groups of sheep producers, conventional variance analysis was performed with municipalities as independent variable. A new data set was obtained by relocating sheep producer groups into municipalities and multivariate analysis was performed to obtain new groups of sheep producers and sheep production systems based on territory and grazing land availability, respectively. There were significant statistical differences among municipalities for some social, productive and economic variables. Crop land and sheep flock were the primary capital assets that determined differences in productivity and income levels among subsistence sheep production systems. Sheep producers were regrouped into municipalities due to their difference in social, productive and economic aspects ($P < 0.05$). From this a new analysis two territories were detected, named cereal-sheep production systems (Hueyotlipan, Benito Juárez, Sanctorum y Muñoz de Domingo Arenas), and sheep production system with multiple resource utilization (Calpulalpan y Nanacamilpa), based on the amount of capital assets, productivity, income levels, and grazing land availability ($P < 0.05$).

Key words: Crop-sheep production systems, capital assets, social aspects, productive aspects, economic aspects, territory, municipalities.

1.3. Introducción

La producción de ovinos es una actividad cotidiana de trabajo en muchas comunidades rurales del mundo^(1,2,3), complementa los ingresos del productor^(4,5,6); y se convierten los forrajes en un producto de alto valor económico y biológico para el

hombre. La producción de ovinos asociada al cultivo de cereales es una actividad común en áreas de temporal con potencial agrícola^(7,8,), en donde las características socioeconómicas de los productores y la disponibilidad de recursos son la base de la producción^(9,10,11). Esta asociación, producción de ovinos y producción agrícola, se ha denominado: sistema de producción mixto^(12,13), sistema cultivo-ganado^(14,15) o sistema agropastoril^(16,17,). La producción de ovinos es una alternativa para diversificar la productividad en la agricultura de temporal^(18,19), este tipo de sistemas depende de: a) la fertilidad y disponibilidad de la tierra para producir granos⁽²⁰⁾, b) la disponibilidad de tierras para pastoreo y de rastrojeras para la alimentación de los ovinos^(21,22,23), c) la movilidad de los rebaños para buscar alimento^(24,25) y d) de la producción de cordero y ovino adulto para abasto^(26,27,28).

La superficie destinada al cultivo de maíz, de trigo y de cebada y el tamaño de los rebaños de ovinos es variable^(29,30). Algunos rebaños son mayores de 500 animales, con una producción orientada al mercado^(1,31,32) y en los rebaños pequeños los ovinos siempre son una forma disponer de dinero en efectivo para las familias campesinas⁽²⁾. La producción ovina se ha analizado como un sistema de producción tomando como criterio la forma de alimentar y manejar el rebaño^(33,7) y/o el territorio donde se crían los ovinos^(34,35,36). En el primer caso, se clasifican según la escala de producción y de la organización del proceso productivo⁽³⁷⁾ y se aplica la metodología de la Red Internacional de Metodologías de Investigación en Sistemas de Producción^(38,39,40,41,42). En el estudio del territorio se requiere apoyo de sistemas de información geográfica, para delimitar zonas de producción por características productivas y de condiciones territoriales⁽³⁶⁾.

La región centro de México, donde se ubica el estado de Tlaxcala, concentra la mayor proporción de población ovina⁽⁴³⁾. En esta región, más del 80% del inventario corresponde a rebaños de ovinos de lana y muy adaptados al clima templado. El número de ovinos en el estado de Tlaxcala es de 152,789 cabezas⁽⁴⁴⁾ y la principal zona productora es la parte norponiente del estado, con el 77% de la población estatal. El sistema de producción es el extensivo con alimentación en áreas de pastoreo de diversa naturaleza biológica⁽⁴⁵⁾. La integración de la producción de

ovinos con el mercado es una alternativa elegida por los productores de Tlaxcala para mejorar los beneficios económicos, por lo cual la clasificación de los sistemas de producción con base en el territorio, podría representar una ventaja para identificar y delimitar las áreas por su potencial productivo. Los objetivos de este estudio fueron analizar los sistemas de producción de ovinos y formar grupos de productores con base en las características socioeconómicas, a los parámetros productivos y al acceso a áreas de pastoreo en los municipios de la región con el propósito de reorganizar la estructura productiva.

1.4. Materiales y métodos

1.4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en algunos municipios de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala, ubicada en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 163, Calpulalpan. La región se localiza a los 19°22' y 19°45' de latitud norte y a 97°52' y 98°43' longitud oeste, con una altitud de 2,650 msnm y una superficie de 180,720 ha. El clima del lugar es C(w₁)(w), templado sub-húmedo con lluvias de verano al otoño y un periodo de sequía bien definido (noviembre a mayo), con temperatura media anual de 15°C y precipitación pluvial promedio anual de 400 mm. Los suelos más comunes son, según el INEGI⁽⁴⁴⁾, Feozem Háplico (26%), Cambisol Eútrico (21%), Litosol (17%), Regosol Eútrico (15%), Fluvisol Eútrico (13%) y otros (8%). Ambos factores, el clima y el tipo de suelo, favorecen el cultivo de maíz, de cebada, de trigo y de avena, así como la cría de ovinos.

La información se colectó en dos etapas: a) aplicación de una encuesta a productores para caracterizar el sistema de producción; y b) localización geo-referenciada de los municipios del área de estudio de acuerdo a la tipología de explotaciones dominantes.

1.4.2. Caracterización de las explotaciones ovinas en base territorio

Se seleccionaron aleatoriamente seis municipios (Calpulalpan, Nanacamilpa de Mariano Arista, Benito Juárez, Hueyotlipan, Sanctorem y Domingo Arenas) de los once que conforman el Distrito de Desarrollo Rural 163. Se calculó un tamaño de muestra para muestreo estratificado⁽⁴⁶⁾, considerando como estratos a los municipios elegidos, la varianza para preguntas con respuesta dicotómica y un límite para el error de estimación (B) del 10%. La fórmula utilizada fue:

$$n_i = \frac{\sum_i^L N_i^2 pq z_{\alpha=0.05}^2 w_i}{N^2 D + \sum_i^L N_i pq}; \text{ en donde, } L_i \text{ fueron los municipios o estratos, } w_i \text{ el peso}$$

de cada estrato (0.091), N_i el total de productores por municipio, N el total de productores para los seis municipios, y pq la varianza para una pregunta con respuesta dicotómica ($p = si$ y $q = no$) con igual probabilidad (0.05), $D = \frac{B^2}{4}$ el límite para el error de la estimación. Se trabajó con un valor de $Z_{\alpha/2} = 1.96$. El tamaño de muestra total calculado fue de 228 explotaciones de ovinos, con la siguiente distribución: 29.82% de Calpulalpan, 7.89% de Nanacamilpa de Mariano Arista, 5.70% de Benito Juárez, 43.42% de Hueyotlipan, 6.57% Sanctorem y 6.57% Domingo Arenas.

Los cuestionarios se realizaron con entrevista directa a los productores lo que incluyó preguntas de tipo social, económico y técnico. Las variables sociales fueron: número de integrantes, edad del jefe de familia, actividad primaria principal, utilización de mano de obra⁽²⁴⁾. En la actividad agrícola se consideró: tipo de cultivo, superficie agrícola, producción obtenida, época de utilización de los productos obtenidos y la relación de cultivo-ovinos. Para la producción de ovinos se registró el tipo genético, el número de animales, la estructura del rebaño, las prácticas de manejo y los productos obtenidos^(39,47). Finalmente, los aspectos económicos fueron: costos de producción, comercialización e ingresos obtenidos⁽¹⁹⁾.

La delimitación geográfica de los sistemas de producción de ovinos, resultantes del análisis de la primera etapa, se realizó con el uso de las cartas de los municipios del INEGI⁽⁴⁴⁾ en el programa Arc View versión 3.3.

1.4.3. Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS para Windows⁽⁴⁸⁾, usando el procedimiento GLM de SAS y análisis multivariados. Para el análisis de las variables individuales en los municipios se utilizó el siguiente modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + M_i + E_{ij}$; donde: Y_{ij} , fueron las variables de respuesta de tipo social, producción agrícola, y de producción ovina; μ , fue la media general; M_i , fue el efecto de municipio; y E_{ij} , el error experimental.

Se aplicó el procedimiento de discriminación a pasos, para seleccionar el conjunto de variables con posibilidad de agrupar a las explotaciones de cada municipio, y así formar grupos estadísticamente más uniformes. Con el procedimiento de análisis discriminante del SAS (PROC DISCRIM) se estimaron las probabilidades de la clasificación de las explotaciones en cada municipio del área de estudio. El procedimiento CANDISC se usó para calcular los coeficientes canónicos y dar una representación gráfica a cada municipio en un espacio bidimensional como lo describen Khattree y Dayanand⁽⁴⁹⁾ y siguiendo la metodología de Somda *et al*⁽¹¹⁾. Mediante el procedimiento de validación cruzada se reubicaron las explotaciones en un determinado municipio o territorio. La descripción de cada agrupamiento se realizó con el procedimiento GLM del SAS⁽⁴⁸⁾ y la comparación de medias con la prueba Tukey ajustada.

1.5. Resultados y discusión

1.5.1. El sistema de producción ovina

En 85.5% de los productores entrevistados, de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala, consideraron a la cría de ovinos como una actividad productiva secundaria a la agricultura y muy pocos la consideraron como actividad primaria (10.9%) o terciaria (3.5%). Los propietarios de las unidades de producción ovina tuvieron una edad promedio de 48.9 ± 14.1 años, similar a los productores de ovinos del estado de Veracruz⁽⁵⁰⁾, y una experiencia en la cría de ovinos de 14.9 ± 10.3 años ($P < 0.05$, Cuadro 1), mayor a la reportada en otros estudios⁽⁵¹⁾. Ambos parámetros tuvieron diferencia significativa en la muestra de municipios estudiados ($P < 0.05$).

El tamaño promedio de la familia y la cantidad de unidades trabajador hombre (UTH) invertidos en el cuidado de los rebaños fueron de 4.9 ± 2.1 integrantes y de 1.9 ± 1.0 , respectivamente, sin diferencia entre municipios ($P > 0.05$); situación muy similar ocurre en sistemas pastoriles de baja escala⁽⁵²⁾. Se observó una baja correlación entre ambos parámetros ($r = 0.25$, $P < 0.05$), la cual quizás sea un indicador de una baja necesidad de inversión en mano de obra familiar en la cría de ovinos, particularmente en los municipios de Calpulalpan, Nanacamilpa y Sanctorum ($P < 0.05$, Cuadro 1), donde hay tierras de uso común susceptibles de ser pastoreadas y donde es más fácil guiar los rebaños de ovinos.

Cuadro 1. Medias obtenidas por el método de mínimos cuadrados para las variables de las explotaciones ovinas en seis municipios del nor-poniente del estado de Tlaxcala

Variable	Benito Juárez	Calpulalpan	Hueyotlipan	Muñoz de Domingo Arenas	Nanacamilpa	Sanctorum
Familia:						
Edad del productor (años)	41.7±3.9 ^b	45.6±1.7 ^b	53.0±1.4 ^a	48.8±3.6 ^{ab}	48.5±3.3 ^{ab}	43.3±3.6 ^b
Experiencia ovina (años)	6.1±2.8 ^b	16.2±1.2 ^a	15.3±1.0 ^a	11.6±2.6 ^{ab}	15.9±2.4 ^a	15.5±2.6 ^a
Integrantes de la familia (n)	4.5±0.6 ^a	5.3±0.2 ^a	4.9±0.2 ^a	5.0±0.5 ^a	4.5±0.5 ^a	4.9±0.5 ^a
Unidades de trabajo hombre (nl)	1.9±0.3 ^b	1.7±0.1 ^b	2.2±0.1 ^a	1.9±0.2 ^{bc}	1.5±0.2 ^c	1.8±0.2 ^{abc}
Componente agrícola:						
Disponibilidad de tierra (ha)	3.2±1.5 ^b	4.7±0.7 ^b	5.7±0.5 ^b	4.9±1.4 ^b	12.5±1.3 ^a	3.4±1.4 ^b
Maíz (ha)	1.6±0.6 ^b	1.9±0.3 ^b	2.5±0.2 ^b	3.4±0.5 ^a	4.3±0.5 ^a	1.4±0.6 ^b
Cebada (ha)	2.1±1.2 ^b	3.1±0.6 ^b	3.2±0.4 ^a	1.8±1.5 ^b	6.9±0.9 ^a	1.7±0.9 ^b
Trigo (ha)	0	1.8±0.8 ^a	1.9±0.4 ^a	1.8±0.9 ^a	3.7±0.9 ^a	1.0±1.1 ^a
Avena (ha)	0	1.8±0.3 ^a	1.7±0.3 ^a	1.0±0.8 ^a	2.2±0.4 ^a	1.0±0.6 ^a
Componente ovino:						
Total de cabezas	22.6±10.9 ^c	68.4±4.8 ^a	39.2±3.9 ^{bc}	34.9±10.1 ^{bc}	63.0±9.2 ^{ab}	40±10.1 ^{bc}
Hembras adultas	13.6±6.6 ^b	47.7±2.9 ^a	24.7±2.4 ^b	24.7±6.3 ^b	43.6±5.9 ^a	22.1±6.1 ^b
Primalas	6.0±4.3 ^c	20.8±2.2 ^a	10.9±1.7 ^{bc}	9.8±4.1 ^{bc}	19.3±3.9 ^{ab}	10.8±4.0 ^{bc}
Crías	2.8±2.7 ^c	13.1±1.9 ^a	8.4±1.3 ^{bc}	4.7±4.2 ^{bc}	12.9±3.2 ^{ab}	9.4±3.2 ^{bc}
Engorda	5.3±4.5 ^a	13.4±2.3 ^a	8.0±1.4 ^a	6.8±4.5 ^a	8.8±3.2 ^a	8.8±4.5 ^a
Sementales	1.0±0.5 ^c	2.6±0.2 ^a	1.6±0.2 ^{bc}	1.8±0.5 ^{bc}	2.6±0.4 ^{ab}	1.6±0.4 ^{bc}
Características del pastoreo						
Edad del pastor (años)	38.0±4.8 ^a	45.4±2.1 ^a	46.1±1.7 ^a	44.7±4.4 ^a	38.5±4.1 ^a	42.8±4.4 ^a
Distancia por día (km)	3.4±0.5 ^a	2.9±0.2 ^a	2.9±0.2 ^a	2.4±0.5 ^a	2.9±0.4 ^a	2.5±0.5 ^a
Tiempo de pastoreo (h)	5.5±0.5 ^{ab}	6.4±0.2 ^a	5.5±0.2 ^b	5.8±0.5 ^{ab}	5.1±0.4 ^b	6.7±0.6 ^a
Periodo de pastoreo al año (meses)	12.0±0.3 ^a	12.0±0.3 ^a	11.9±0.1 ^a	12.0±0.2 ^a	11.3±0.2 ^b	10.4±0.3 ^c

Medias en la misma línea, con diferente literal, son estadísticamente diferentes (P<0.05).

El tamaño promedio de la parcela agrícola asociada a la cría de ovinos fue de 6.3 ± 5.9 ha, con una amplia variación entre productores (0.5 a 35 ha) y municipios ($P < 0.05$, 3 a 6 ha). Este tamaño es similar al de otras regiones donde se combina la cría de ovinos y producción agrícola^(8,52), aunque no parece ser una situación universal⁽⁵³⁾. Los cultivos principales fueron el maíz (44.7%) y la cebada (30.3%); los cultivos secundarios fueron el trigo (17.1%) y la avena (7.1%). El tipo de cultivo y el tamaño de la parcela agrícola no limitó el tamaño del rebaño de ovinos (Cuadro 1, $P < 0.05$), los productores recurren a la renta de rastrojeras y a la compra de rastrojo para complementar el pastoreo en áreas de vegetación nativa, como se reporta para otras regiones del mundo^(21,18).

El tamaño promedio de los rebaños fue de 48.6 ± 39.3 ovinos, con variación entre municipios ($P < 0.05$). Los rebaños de mayor tamaño fueron los de Calpulalpan y de Nanacamilpa (> 62 ovinos, Cuadro 1), por tener los productores acceso a áreas boscosas (70.3%) con potencial para el pastoreo, lo que les permite tener rebaños más grandes. Al parecer la disponibilidad de áreas para el pastoreo fue el factor determinante en el tamaño del rebaño de ovinos y no el tamaño de la parcela agrícola, similar a lo reportado por Caballero *et al*⁽⁸⁾ y Lasseur⁽³⁸⁾. Es muy probable que el acceso a tierras con potencial para el pastoreo estimula el interés de los productores por criar rebaños grandes y la posibilidad de invertir en un bien de capital, adicional a la superficie agrícola, para generar más capital al vender corderos para engorda y animales adultos (29.7%).

El tipo de recursos alimenticios varió en el año; de octubre a marzo (otoño e invierno) es común el pastoreo en rastrojeras después de la cosecha del grano (97.3%) y de abril a septiembre (primavera-verano) se pastorea en orillas de caminos, en bordos de parcelas agrícolas y en áreas de agostadero. Todos los productores complementaron el pastoreo con 200 a 800 g de rastrojo de maíz/día/oveja, y algunos de ellos además proporcionaron de 75 a 300 g de grano de maíz/día/oveja (40%) o grano de cebada (44.8%) en primavera-verano. El grano de cereales y los rastrojos empleados en la alimentación de los ovinos explica la relación de la

agricultura con la cría de ovinos observada en este estudio como en otras situaciones^(13,38,54). Menos de la mitad de los productores sembraron avena para forraje (42%), lo que indica un escaso intento por mejorar la alimentación de los ovinos y una forma de evitar la competencia con la producción de grano para consumo humano.

Durante el pastoreo los rebaños fueron supervisados y conducidos por una persona adulta (44.4 ± 17.2 años) en rutas de 2.8 ± 1.3 km de la comunidad a las áreas de pastoreo, sin observarse diferencias entre municipios ($P > 0.05$, Cuadro 1). La distancia recorrida por los rebaños fue menor a la reportada (3 a 5 km) para sistemas de producción ovina similares^(30,13). El tiempo de pastoreo fue de 5.8 ± 1.7 horas/día, con poca variación entre municipios ($P < 0.05$), lo que es un indicador de una inversión alta en tiempo y parte de una estrategia para reducir costos de alimentación⁽⁵⁵⁾.

Fue común la incidencia de enfermedades respiratorias en el periodo de noviembre a marzo (68.16%) y de diarreas en el periodo de marzo a junio (31.84%). La tasa de mortalidad de corderos del nacimiento al destete (9.84%) y de post-destete (5.4%), se considera alta comparada con sistemas de producción de ovinos especializados⁽⁵⁶⁾, y es una limitante para el crecimiento y la rentabilidad de los sistemas de producción ovina de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala.

El empadre es continuo, como en cualquier sistema extensivo de ovinos^(55,38,22), y aun así los partos ocurren en todo el año, concentrándose en el invierno (43.9%) y seguido por el otoño (28.2%), sólo una menor proporción de hembras paren en primavera (17.8%) y verano (10%), posiblemente por una mayor proporción de razas de lana y/o a disponibilidad y calidad de alimento durante el año. Los criterios para seleccionar las hembras para cría fueron la apariencia física (56.7%) y el tamaño de la oveja (29.83%).

La producción de animales para pie de cría es el mejor negocio al generar 1.8 veces más ingreso económico ($P < 0.05$) comparado con la producción de corderos para venta y engorda, y 1.46 veces más ingreso económico en relación al cultivo de cereales ($P < 0.05$). Sin embargo, esta práctica no es común entre los productores de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala.

En general, las decisiones de carácter técnico para mejorar la productividad de los rebaños de ovinos son simples y se apoyan en aspectos prácticos adquiridos por los productores con el tiempo. Los resultados muestran que muchas unidades de producción ovina son similares en aspectos sociales, técnicos y económicos como lo señaló Devendra⁽¹⁵⁾; la parcela agrícola y rebaño de ovinos son los principales proveedores de alimentos para la familia campesina⁽⁸⁾. El nivel de escolaridad puede influir en el grado de comprensión del proceso de producción ovina⁽⁵⁰⁾; esto es, entre mas alto el nivel de escolaridad mejor la comprensión del proceso de producción y es mayor la posibilidad de mejorar la tecnología de producción. Otros elementos de la productividad del sistema ovino son el número de crías nacidas y la tasa de sobrevivencia hasta la venta, al representar el valor productivo traducido en eficiencia^(57,26,58) y beneficio económico del sistema de producción.

1.5.2. Clasificación de las explotaciones ovinas con base en el territorio

El análisis discriminante canónico determinó cinco funciones lineales significativas ($P \leq 0.01$; CAN1 a CAN5), de las cuales tres explican el 86.71% de la variabilidad observada en el conjunto de variables socioeconómicas y productivas registradas para las explotaciones ovinas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Funciones canónicas estandarizadas para las explotaciones ovinas de los municipios del nor-poniente de Tlaxcala

Variable	CAN1*	CAN2	CAN3	CAN4	CAN5
Familia:					
Participantes Explotación (n)	-0.170	-0.133	0.460	0.234	-0.097
Integrantes de la familia (n)	0.219	-0.167	-0.145	-0.055	-0.214
Edad del pastor (años)	-0.001	0.284	0.181	0.887	-0.567
Escolaridad (años)	0.370	0.081	-0.250	0.751	-0.533
Componente agrícola:					
Tenencia Ejidal (ha)	-0.115	0.108	0.149	-0.136	0.141
Maíz (ha)	-0.021	0.190	-0.198	0.459	0.696
Avena (ha)	0.241	0.342	-0.002	-0.198	-0.085
Cebada (ha)	0.024	0.054	0.051	-0.620	0.203
Trigo (ha)	-0.035	-0.010	-0.042	0.225	0.029
Componente ovino:					
Carga ganadera (Unidad Animal)	9.166	-5.028	6.939	-1.112	5.030
Ovinos/ha	-0.058	-0.046	-0.117	-0.015	0.248
Total de cabezas (n)	-8.422	5.284	-7.257	1.060	-7.415
Hembras adultas (n)	1.115	-0.787	0.151	-0.847	-0.031
Sementales (n)	0.087	-0.043	-0.173	-0.010	0.490
Índice de crías	1.043	0.224	0.189	0.359	-0.368
Indicadores económicos:					
Resultado neto (\$)	3.345	-0.910	-3.502	-0.705	0.737
Mano de obra (\$)	0.271	0.369	0.920	-0.093	0.503
Materia prima (\$)	0.608	-0.394	-0.986	-0.240	-0.410
Venta de ovinos (\$)	-5.190	1.710	3.855	1.634	0.879
Proporción de varianza explicada (%)	58.93	21.03	10.95	7.28	1.8

*CAN1, CAN2, CAN3, CAN4 y CAN5 son las funciones determinadas con el análisis discriminante canónico

La primera función canónica (CAN1) explica el 58.93% de la variación de los datos y tiene como principales variables discriminantes entre los municipios a la cantidad de tierra y la carga de ovinos, los activos de capital, los cuales son factores determinantes en la productividad de los sistemas de producción ovina, como ha sido señalado por Caballero⁽⁸⁾ para sistemas mixtos de ovinos en España. La segunda función canónica (CAN2) explica el 21.03% de la varianza de los datos y muestra claramente que aun cuando la disponibilidad de activos de capital puede limitar la productividad del sistema ovino, ésta puede ser superada con la siembra de maíz-cebada y la cría de grandes rebaños de ovinos. Especialmente, un tamaño grande del rebaño de ovinos puede facilitar el acceso al mercado local y regional, así como el tener una mayor posibilidad de transformar subproductos agrícolas a producto de origen animal con un alto valor biológico y económico⁽⁵⁹⁾. La tercera función canónica (CAN3) muestra un resultado similar pero incluye como variable discriminante a la venta de ovinos, la cual se relaciona con un mayor tamaño de rebaño y la formación de los productores para orientar la producción al mercado (Cuadro 2).

La relación de la producción y su orientación al mercado ya había sido señalada por Devendra⁽¹⁵⁾ y Yilmaz et al⁽⁶⁰⁾ como un indicador de la eficiencia de la unidad de producción.

La clasificación del análisis discriminante permitió reasignar a las unidades de producción ovina en la región nor-poniente del estado de Tlaxcala en dos municipios (Calpulalpan y Hueyotlipan) en función de los ingresos, la superficie de tierra de cultivo, el nivel de escolaridad del propietario, el número de corderos por rebaño y la mortalidad anual de crías ($P < 0.01$).

Los resultados muestran a las unidades de producción como territorialmente separadas. Sin embargo, muchas de ellas comparten aspectos sociales, productivos y económicos, como se puede observar en el nivel de error de clasificación (Cuadro 3). Los municipios con alto nivel de error en las clasificaciones de las explotaciones ovinas indica una reasignación a otros municipios. Finalmente, quedaron Calpulalpan y Hueyotlipan como los municipios con el menor nivel de error y con esto se delimitaron claramente dos territorios de producción de ovinos con las funciones canónicas estimadas para el área de estudio.

Cuadro 3. Clasificación canónica y nivel de error de las explotaciones ovinas en los municipios de nor-poniente de Tlaxcala.

Municipio	Explotaciones	Municipios						
		Benito Juárez	Calpulalpan	Hueyotlipan	Muñoz	Nanacamilpa	Sanctorum	Total
Benito Juárez	Número	3		9			1	13
	%	23.08		69.23			7.69	100
Calpulalpan	Número	1	48	10	1	5	2	67
	%	1.49	71.64	14.93	1.49	7.46	2.99	100
Hueyotlipan	Número	6	8	75	1	4	4	98
	%	6.12	8.16	76.53	1.02	4.08	4.08	100
Muñoz	Número	1	2	4	4	1	3	15
	%	6.67	13.33	26.67	26.67	6.67	20	100
Nanacamilpa	Número		7	5		4	2	18
	%		38.89	27.78		22.22	11.11	100
Sanctorum	Número	2	1	10			2	15
	%	13.33	6.67	66.67			13.33	100
Total	Número	13	66	113	6	14	14	226
	%	5.75	29.2	50	2.65	6.19	6.19	100
Probabilidad inicial		0.057	0.296	0.434	0.066	0.079	0.066	
Nivel de error		0.769	0.283	0.235	0.733	0.778	0.867	0.398

Los resultados obtenidos de la clasificación del análisis discriminante canónico se usaron para organizar dos sistemas de producción ovina, uno para cada territorio, en la región nor-poniente del estado de Tlaxcala (Figura 1), los cuales por sus características socioeconómicas y productivas quedan comprendidos en sistemas extensivos de subsistencia como los definen Daskalopoulou y Petrou ⁽⁴¹⁾, con diferencias en la disponibilidad de recursos físicos y biológicos para producir, así como en el tipo de áreas para el pastoreo de los ovinos (Figura 2). Las diferencias estadísticas de las variables de cada uno de los sistemas se presentan en el Cuadro 4 y sus principales características son:

a) *Producción de ovinos-cereales.* Este territorio lo integran los municipios de Hueyotlipan, Benito Juárez, Sanctorum y Muñoz de Domingo Arenas, cuyos productores tienen menos capital activo, son menos productivos y pastorean sus ovinos en tierras agrícolas, orilla de caminos y bordos de las parcelas de labor. Los sistemas de producción ovino-cereal tienen menos recursos productivos y generan menos ingresos porque tienen menos activos de capital, quizás debido a que están en manos de productores con mayor edad y menor grado de escolaridad o por tener acceso fácil a un recurso alimenticio para los ovinos. La disponibilidad de áreas aptas para el pastoreo, la edad del productor y el grado de escolaridad son factores limitantes de la productividad y la cría de ovinos asociada a la agricultura.

b) *Producción de ovinos con recursos múltiples.* Este territorio está representado por los municipios de Calpulalpan y Nanacamilpa, donde los sistemas parecen ser más productivos debido a que los productores tienen más activos de capital, poseen más superficie agrícola, rebaños grandes de ovinos y una alta proporción de hembras para cría (69%), y tienen mayor acceso a tierras boscosas susceptibles de ser pastoreadas. Este sistema tiene fácil acceso a las áreas de vegetación nativa, aptas para el pastoreo, totalmente independientes de la tierra agrícola. Los sistemas de producción de ovinos con recursos múltiples tienen más activos de capital, pertenecen a familias más pequeñas cuyos jefes de familia son más jóvenes y con mayor grado de escolaridad ($P < 0.05$); estas características se asocian a la crianza

de grandes rebaños de ovinos y rebaños más productivos, por lo que requieren mayores inversiones de capital en el proceso de producción, para así mejorar los ingresos de la familia campesina⁽⁵⁰⁾ (Cuadro 4).

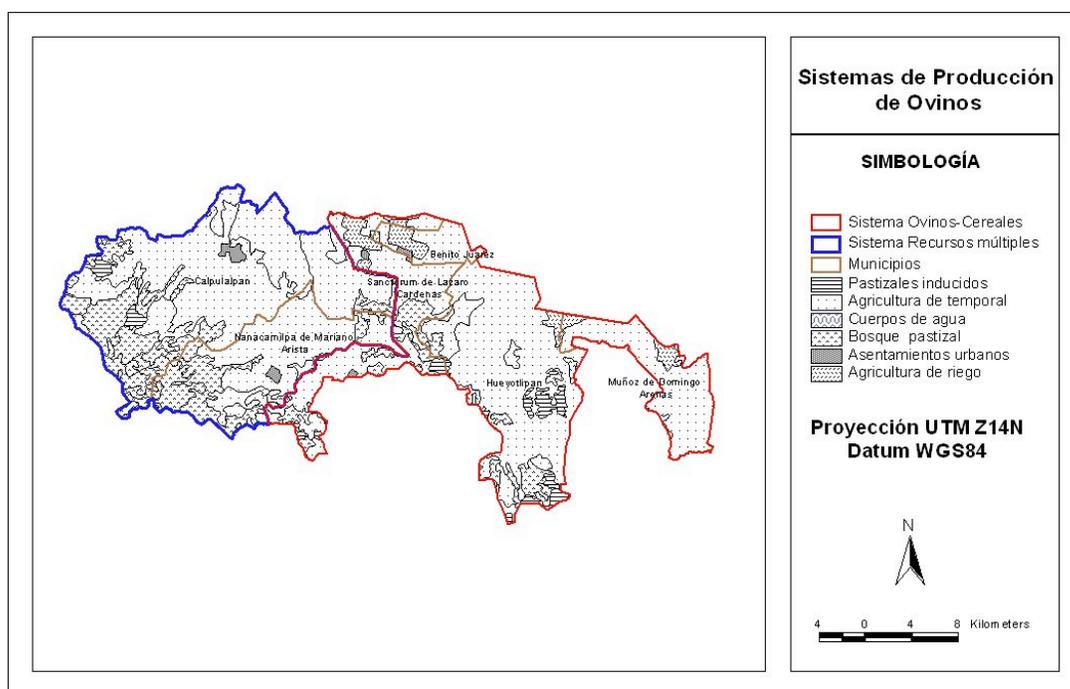


Figura 1. Delimitación territorial de los sistemas de producción de ovinos en el nor-poniente del estado de Tlaxcala

Cuadro 4. Medias obtenidas por el método de mínimos cuadrados para las variables de los sistemas de producción de ovinos en el nor-poniente del estado de Tlaxcala

Variable	Sistema producción de ovinos con recursos múltiples	Sistema de producción ovinos-cereales	Probabilidad (t)
Familia:			
Participantes en la explotación (n)	1.69±0.10	2.12±0.08	0.0011
Edad titular (años)	46.20±1.55	50.50±1.20	0.03
Escolaridad titular (años)	8.51±0.39	6.58±0.31	0.0002
Componente agrícola:			
Tenencia privada (ha/explotación)	4.76±0.71	5.73±.70	0.33
Tenencia Ejidal (ha/explotación)	3.23±0.16	3.51±0.12	0.17
Superficie (ha/explotación)	6.47±0.64	5.18±0.47	0.10
Maiz (ha/explotación)	2.47±0.25	2.42±0.19	0.88
Avena (ha/explotación)	1.93±0.22	1.52±0.24	0.21
Cebada (ha/explotación)	4.07±0.50	2.80±0.37	0.04
Trigo (ha/explotación)	2.60±0.57	1.83±0.36	0.26
Componente ovino:			
Carga ganadera (Unidad animal/explotación)	9.99±0.61	5.29±0.48	0.0001
Total de ovinos (cabezas/explotación)	67.30±4.24	37.31±3.29	0.0001
Hembras adultas (cabezas/explotación)	46.93±2.58	23.40±1.99	0.0001
Sementales (cabezas/explotación)	2.61±0.17	1.53±0.13	0.0001
Carga de ovinos (cabezas/ha)	17.92±1.80	10.89±1.39	0.0023
Tasa mortalidad crías (%)	9.48	10.05	0.08
Indicadores económicos			
Cantidad ovinos vendidos (cabezas/explotación)	65.07±4.07	30.82±3.16	0.0001
Mano de obra (\$/explotación)	16411.31±921.50	10503.48±715.47	0.0001
Materia prima (\$/explotación)	9281.84±739.42	5908.30±574.10	0.0004
Ingreso total (\$/explotación)	71286.25±4493.34	32259.97±3488.75	0.0001
Resultado neto (\$/explotación)	48275.76±3228.86	18904.85±2506.97	0.0001

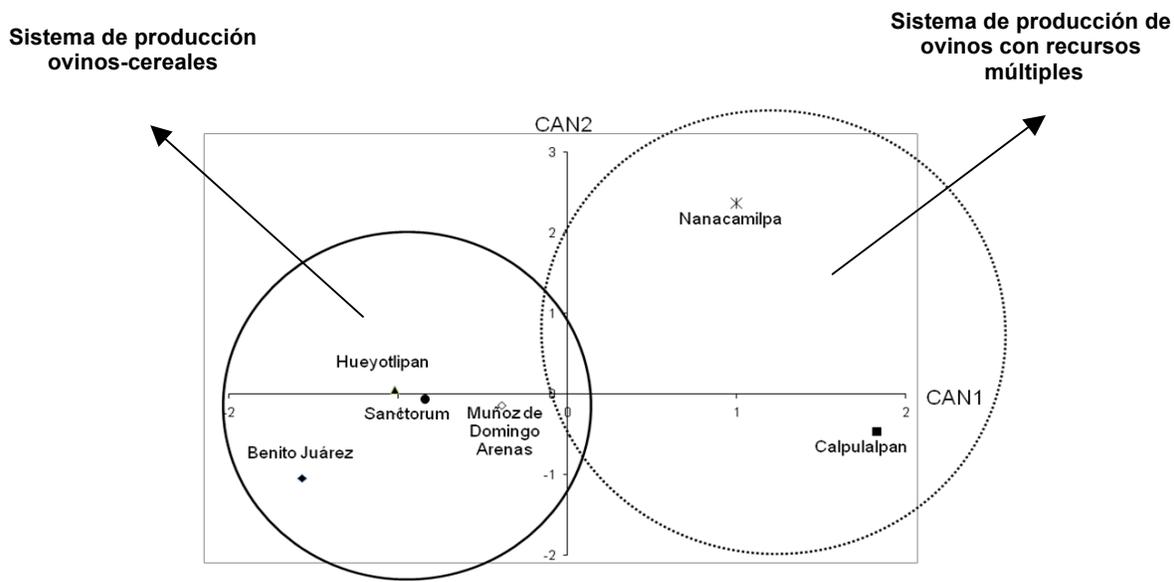


Figura 2. Distribución de los municipios del nor-poniente del estado de Tlaxcala en un espacio bidimensional por la clasificación promedio de las funciones canónicas

1.6. Conclusiones e implicaciones

En la región nor-poniente del estado de Tlaxcala la cría de ovinos es una actividad económica complementaria a la agricultura, con poca inversión en mano de obra y representa una alta inversión en ovejas de cría. El análisis de varianza convencional detectó diferencias en la producción de ovinos en municipios de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala. Al analizar los datos de los aspectos sociales, productivos y económicos con técnicas multivariadas permitieron identificar a la parcela agrícola, el tamaño del rebaño y la cantidad de ovejas de cría como las variables responsables de las diferencias en la productividad de los sistemas de producción agricultura-ovinos, así como reagrupar a los productores de ovinos por municipio para formar dos grandes sistemas de producción de ovinos. Los sistemas de producción en la región nor-poniente del estado de Tlaxcala son de subsistencia y pueden ser agrupados según la cantidad de activos de capital que poseen, el nivel

de productividad y nivel de ingresos en producción de ovinos-cereales y con uso múltiple de recursos. Algunos productores de ovinos de un municipio son similares a productores de otros municipios, pero también existen productores diferentes en un mismo municipio, indicando la conveniencia de diseñar estrategias de asistencia técnica y la organización de la producción según el tamaño del rebaño, la parcela agrícola y el acceso de áreas de pastoreo, que son los criterios que determinan la productividad y el nivel de ingresos.

1.7. Literatura citada

1. Mayer AL. Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems. *Environ. Inter.* 2008; (34):277-291.
2. Beyene A, Gibbon D, Haile M. Heterogeneity in land resources and diversity in farming practices in Tigray, Ethiopia. *Agric. Syst.* 2006; (88):61-74.
3. Yirídoe EK, Langyintuo AS, Dogbe W. Economics of the impact of alternative rice cropping systems on subsistence farming: Whole-farm analysis in northern Ghana. *Agric. Syst.* 2006; (91): 102-121.
4. Dietz S, Neumayer E. Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement. *Ecol. Econ.* 2007; (61):617-26.
5. Lawn P. A stock-take of green national accounting initiatives. *Soc. Indic. Res.* 2007; (80):427-60.
6. Ziegler R. Political perception and ensemble of macro objectives and measures: the paradox of the Index for Sustainable Economic Welfare. *Environ. Value* 2007; (16):43-60.
7. Pittroff W, Cartwright TC. Modelling livestock systems I. A descriptive formalism. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 2002. (10): 193-205.
8. Caballero R. Typology cereal sheep farming systems in Castilla La Mancha (south-central) Spain. *Agric. Syst.* 2001; (68):215-232.
9. House APN, MacLeod ND, Cullen B, Whitbread AM, Brown SD, McIvor JG. Integrating production and natural resource management on mixed farms in eastern Australia: The cost of conservation in agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. & Environ.* 2008; 127 (Issues 3-4): 153-165.

10. Ness B, Urbel-Piirsalu E, Anderberg S, Olsson L. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecol. Econ.* 2007; (60):498-508.
11. Somda J, Kamuanga M, Tollens E. Characteristics and economic viability of milk production in the smallholder farming systems in The Gambia. *Agric. Syst.* 2005; (85):42-58.
12. Gebremedhin B, Pender J, Tesfay G. Collective action for grazing land management in crop-livestock mixed systems in the highlands of northern Ethiopia. *Agric. Syst.* 2004; (82):273-290.
13. Nardone A, Zervas and B G, Ronchi, Sustainability of small Rumin. organic systems of production. *Livest. Prod. Sci.* 2004; (90):27-39.
14. Oñate JJ, Atance I, Bardají I, Lluvia D. Modelling the effects of alternative CAP policies for the Spanish high-nature value cereal-steppe farming systems. *Agric. Syst.* 2007; (94): 247-260.
15. Devendra C. Crop-animal systems in Asia: implications for research. *Agric. Syst.* 2002; (71):169-177.
16. Chapman DF, Kenny SN, Beca D, Johnson IR. Pasture and forage crop systems for non-irrigated dairy farms in southern Australia. 1. Physical production and economic performance. *Agric. Syst.* 2008; (97): 108-125.
17. Rahman A, Duncan AL, Miller DW, Clemens J, Frutos P, Gordon IJ, Rehman A, Baig A, Ali F, Wright IA. Livestock feed resources, production and management in the agro-pastoral system of the Hindu Kush-Karakoram-Himalayan region of Pakistan: The effect of accessibility. *Agric. Syst.* 2008; (96): 26-36.
18. Bell LW, nee Flugge FB, Ewing MA, Wade LJ. A preliminary whole-farm economic analysis of perennial wheat in an Australian dryland farming system. *Agric. Syst.* 2008; (96):166-174.
19. Milán M, Jordi BR, Quintanilla GCM, Espejo M, Herráiz PL, Sánchez RJM, Piedrahita J. Structural characterization and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangeland (dehesas). *Livest. Prod. Sci.* 2006; (99):197-209.
20. Agrell PJ, Stam A, Fischer GW. Interactive multiobjective agro-ecological land use planning: The Bungoma region in Kenya. *Europ. J. Oper. Res.* 2004; (158):194-217.
21. Milán MJ, Bartolomé R, Quintanilla MD, Espejo GCM, Herraíz JM, Piedrahita SRJ. Structural characterization and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (Dehesas). 2005; (68): 1-13.

22. Njoya A, Awa and J. Chupamon DN. The effects of a strategy supplementation and prophylaxis on the reproductive performance of primiparous Fulbe ewes in the semi-arid zone of Cameroon. *Small Rum. Res.* 2005; (56):21-29.
23. Apollin F, Eberhart C. Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural: guía metodológica. Editores CICDA-RURALTER, CAMAREN, CARE, IEDECA, CESA, RAFAE. 1999. Unión Europea. Cap. 3.
24. Nahed J, Castel JM, Mena Y, Caravaca F. Appraisal of the sustainability of dairy goat systems in southern Spain according to their degree of intensification. *Livest. Sci.* 2006; Volume 101, Issues 1-3, 10-23.
25. Animut G, Goetsch AL. Co-grazing of sheep and goats: Benefits and constraints. *Small Rum. Res.* 2008; 77 (Issues 2-3): 127-145.
26. Santra A, Karim SA, Chaturvedi OH. Effect of concentrate supplementation on nutrient intake and performance of lambs of two genotypes grazing a semiarid rangeland. *Small Rum. Res.* 2002; (44): 37–45.
27. Milis Ch, Liamandis D, Roubies N, Christodoulou V, Giouseljiannis A. Comparison of corn gluten products and soybean-bran mixture as sources of protein for lactating Chios ewes. *Small Rum. Res.* 2005; (58):237-244.
28. Solomón M, Peters KJ, Tegegne A. Intake, digestibility and passage rate in Menz sheep fed tef (*Eragrostis tef*) straw supplemented with dried leaves of selected multipurpose trees, their mixtures or wheat bran. *Small Rum. Res.* 2005; (56): 139-149.
29. Appendini K. La situación de la agricultura y las estrategias económicas de la población rural. En “El nuevo movimiento campesino mexicano”. Fundación Heberto Castillo, A.C. México. 2004.
30. Cramb RA, Purcell T, Ho TCS. Participatory assessment of rural livelihoods in the Central Highlands of Vietnam. *Agric. Syst.* 2004; (81):255-272.
31. Mayer AL, Thurston HW, Pawlowski CW. The multidisciplinary influence of common sustainability indices. *Front. Ecol. Environ.* 2004; (2):419-26.
32. Parris T, Kates R. Characterizing and measuring sustainable development. *Annu. Rev. Environ. Res.* 2003; 28(13):11–31.
33. Gaspar P, Escribano M, Mesias FJ, Rodríguez-Ledesma F, Pulido F. Sheep farms in the Spanish rangelands (dehesas): Typologies according to livestock management and economic indicators. *Small Rum. Res.* 2008; 74(Issues 1-3): 52-63

34. Scintu MF, Piredda G. Typicity and biodiversity of goat and sheep milk products. *Small Rum. Res.* 2007; 68 (Issue 1-2): 221-231.
35. Torrano L, Valderrábano J. Grazing ability of European black pine understory vegetation by goats. *Small Rum. Res.* 2005; 58 (3): 253-263.
36. Duvernoy I. Use of a land cover model to identify farm types in the Misiones agrarian frontier (Argentina). *Agric. Syst.* 2000; Volume 64, (3): 137-149.
37. Solano C, León H, Pérez E, Herrero M. Characterising objective profiles of Costa Rican dairy farmers. *Agric. Syst.* 2001; (67):153-179.
38. Lasseur J. Sheep farming systems and nature management of rangeland in French Mediterranean mountain areas. *Livest. Prod. Sci.* 2005; (96):87-95.
39. Maseda F, Díaz F, Álvarez C. Family dairy farms in Galicia (N.W. Spain): classification by some family and farms factors relevant to quality of life. *Bios. Engineer.* 2004. (87): 509-521.
40. Köbrich C, Rehman T, Khan M. Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan. *Agric. Syst.* 2003; 76(1):141-157.
41. Daskalopoulou I, Petrou A. Utilising a farm typology to identify potential adopters of alternative farming activities in Greek agriculture. *J. of Rural Studies* 2002; (18):95-103.
42. Berdegué J, Sotomayor O, Zilleruelo C. Metodología de tipificación de la producción campesina de la provincia de Nuble, Chile. En: Berdegué y Escobar (Ed). *Tipificación de sistemas de producción agrícola*. Ed. RIMISP Santiago de Chile. 1990.
43. SAGARPA-SIAP. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sistema de Información Agropecuaria. 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [In line] <http://www.siap.gob.mx/> [date: January 03, 2008].
44. INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala 2005.
45. Rubio MS, Torres N, Gutiérrez J, Méndez RD. Composition and sensory evaluation of lambs carcasses used for the traditional Mexican lamb dish, "barbacoa". *Meat Sci.* 2004; (67): 359-364.
46. Mendenhall W, Scheaffer LR., y Ott LR. 1987. Elementos de muestreo. Edit. Thompson. 1987; 480.

47. Hayati D, Karami E. Typology of causes of poverty: The perception of Iranian Farmers. *J. Econ. Psychology*. 2005; (26); 884-901.
48. SAS. *The Analyst Application*. Second Edition. Cary, NC. SAS Institute Inc. 2003.
49. Khattree R, Dayanand NN. *Multivariate data reduction and discrimination with SAS software*. Cary. N.C. SAS Institute Inc. 2002.
50. Morales MM, Martínez DJP, Torres VHG, Pacheco JE. An assessment of Sheep Production potencial Through an Agroecosystem Approach in an Ejido of the State of Veracruz, Mexico. *Téc. Pec. Méx.* 2004; 42(3):347-359.
51. Nuncio OG, Nahed JT, Díaz HB, Escobedo AF, Salvatierra IB. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. *Agron. Mex.* 2001; (35):469-477.
52. Cabrera VE, Hildebrand PE, Jones JW. Modelling the effect of household composition on the welfare of limit-resource farmers in Coastal Cañete, Peru. *Agric. Syst.* 2005; (86):207-222.
53. Pfister F, Bader HP, Scheidegger and P. Baccini R. 2005. Dynamic modelling of resource management for farming systems. *Agric. Syst.* 2005; (6):1-28.
54. Kosgey IS, Rowlands GJ, Van Arendonk JAM, Baker RL. Small ruminant production in smallholder and pastoral/extensive farming systems in Kenya. *Small Rum. Res.* 2008; (77):11-24.
55. Joy M, Alvarez-Rodriguez J, Revilla R, Delfam R, Ripoll G. Ewe metabolic performance and lamb carcass traits in pasture and concentrate-based production systems in Churra Tensina breed. *Small Rum. Res.* 2008; (75):24-35.
56. Mugerwa, M. E., Anindo, D., Sovani, S., Lahlou, K. A., Tembely, S., Rege, J. E. O., Baker, R. L. 2002. Reproductive performance and productivity of Menz and Horro sheep lambing in the wet and dry seasons in the highlands of Ethiopia. *Small Rum. Res.* 2002; 45: 261-271.
57. Rubianes E, Ungerfeld R. Perspectivas de la investigación sobre reproducción ovina en América Latina en el marco de las actuales tendencias productivas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 2002; 10(2): 117-125.
58. Burke JM, Apple JK. Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep wethers. *Small Rum. Res.* 2007; (67): 264-270.
59. Bartl K, Mayer AC, Gómez CA, Muñoz E, Hess HD, Holmann F. Economic evaluation of current and alternative dual-purpose cattle systems for

smallholder farms in the central Peruvian highlands. *Agric. Syst.* 2009; 101 (Issues 3): 152-161.

60. Yilmaz O, Denk H, Bayram D. Effects of lambing season, sex and birth type on growth performance in Norduz lambs. *Small Rumin. Res.* 2007. 68(3):336-339.

CAPITULO II.

Lambs production of small farmers on the Mexican plateau

2

2.1. Abstract

The sheep production systems from the nor-west of Tlaxcala State depend on lamb production. The objective of this study was to determine lamb performance through live weight and average daily gain. The feeding system grazing, grazing and supplement, and semi-housing were evaluated. Birth type (single/twin); sex (male/female); sheep genotypes (Suffolk, Hampshire, Suffolk x Pelibuey, Sufflok x Hampshire and Pelibuey), year period (dry/rainy), and birth season (autumn, winter, spring, and summer) were the factors studied. Birth weight (BW), weaning weight at 84 days of age (WW), final weight at 182 days (FW), pre-weaning average daily gain (Pre-ADG), post-weaning average daily gain (Post-ADG), and total average daily gain (ADG) from birth to final weight in lambs were the productive and economic parameters. The least square means for BW, WW, and FW were 4.83 ± 1.67 , 20.56 ± 4.99 , and 28.86 ± 6.98 kg, respectively. The Pre-ADG, Post-ADG and ADG were 0.187, 0.100, and 0.135 kg/head/day, respectively. Lambs phenotype ($p \leq 0.0001$), birth season ($p \leq 0.0031$), birth type ($p \leq 0.0005$), and the interaction of production system by year period ($p \leq 0.0038$) influenced the birth weight. It was concluded that although lamb performance was acceptable, there is still a potential to increase growing rate and the main live weights by controlling influential factors that can be handled by sheep producers.

Key words: growing rate, birth season, birth type, lamb sex, lamb phenotype.

² Articulo enviado a Small Ruminant Research para su revisión, 19-11-2008

2.2. Introduction

In Mexico, sheep production does not satisfy the internal market demand of sheep carcasses for making “barbacoa” (Rubio *et al.*, 2004) or making prime cuts. About 50% of the national sheep carcasses required has been imported during the last 15 years causing that the market price of lambs increased dramatically (Morales *et al.*, 2004). Additionally, productive efficiency is low because of elemental raising techniques and the lack of technical culture to register any productive trait. Mexican smallholders ignore how to use parameters such as fertility, prolificacy, weight changes, time of birth and weaning weight as technical references to improve flock productivity and flock profitability (Segura *et al.*, 1996). Flock management is done according to sheep men knowledge getting through practical experience; for instance, it is common to mate local breeds with pure breeds without strategic program for genetic improvement.

Feeding systems are limiting factors for sheep production, many flocks graze on a wide range of ecosystems where forage availability and forage quality vary across the year. Grazing season is restricted to rainy season and flocks have to graze on crop land during dry season after harvest, the valuable product of crops. Overgrazing is a likely cause of low productivity of many sheep production systems. Furthermore, flocks are fed with residual crops by producer when housing at night (Morales *et al.*, 2004; SAGARPA, 2007). Residual crops, such stalk corn and straw barley, are cheap feeding resources available for many Mexican sheep producers. These feeding resources have low quality and do not supply enough nutriment for matching sheep requirements.

Most of the time, sheep from the High Mexican Plateau are underfed consequently sheep production parameters could be affected. The objective of this study was to determine lamb performance through live weight and average daily gain because they are growing parameters of economic importance.

2.3 Materials and methods

2.3.1. Location

This study was carried out in six municipalities from the north-west of Tlaxcala State. The study area is located into the Central Mexican High Plateau between 19°22' and 19°45' north latitude; and between 97°52' and 98°43' west longitude, at 2,650 meters above the sea level. The climate of the area is temperate sub-humid (C(w₁)(w), with annual average temperature of 15 °C and annual precipitation in a range from 300 to 500 mm (SAGARPA, 2007). The Central Mexican High Plateau covers an area of 180,720 ha where crop lands are abundant. The main crops are maize, wheat and barley. Cereal production is closely related to sheep production in this region.

2.3.2 Sheep production farms

A total of fifteen sheep production farms (SPF) from the six municipalities were randomly chosen and grouped into three sheep production systems according to the feeding systems used:

a) grazing (G), sheep flocks are driven to all available common lands in the area of each municipality where sheep graze native vegetation growing during the rainy season (April to September), and are supplement with residual crops during the dry season (October to March). Sheep flocks graze for about 8 to 10 h every day and are supplemented with barley straw or stalk corn. Sheep had free access to water before and after grazing. Sheep flocks are housing during the night to protect them from predators and robbery. In this system, growing lambs depend initially on the ability of their mothers to products milk, and after weaning on their own ability to graze.

b) grazing and supplement (GS): sheep flocks graze on range as the former sheep production system, but sheep are supplemented with cereal grains like barley (300 to 600 g/head) maize or wheat (500 g/head). Usually, producers combined cereal grains

and stalk corn grounded, mainly in the rainy season (April-September). This feed mixture is given in the afternoon at the end of the grazing period when sheep have free access to water. Like in the former sheep production system growing lambs depended initially on the milk produced by their mother and after weaning they depend on the amount and quality of the supplement supplied. Lambs have to compete with their mother and their contemporaries for feed.

c) Semi-housing and supplement (SHS), most of the time flocks are housing part of the light day and they are supplement with a ratio. The ratio is elaborated with barley straw and/or stalk corn combined with cereal grains. The main characteristic of this ratio is that producers try to match its nutrient content to sheep nutrient requirements. When housing, lambs have free access to water and to feed, but limit access to minerals.

2.3.3 Sheep breeds

The body weight of 510 lambs, from five genotypes, was monitored through October 1st 2006 to July 31st 2007. Lambs of the breeds Suffolk (SF) ($n \leq 225$), Hampshire (HP) ($n \leq 61$), Suffolk x Pelibuey (SFxPB) ($n \leq 153$), Suffolk x Hampshire (SFxHP) ($n \leq 32$) and Pelibuey (PB) ($n \leq 39$) were weighed at 14 day intervals. The lambs remained with their mothers all the study period.

2.3.4 Measurements on lambs

Lambs were weighed, immediately or 24 h after lambing, to record their birth weight with a digital scale. Lambs were grouped according to their born period and season of the year. Rainy period (April to September) and the dry period (October to March), as well as, autumn, winter, spring, and summer seasons were used for grouping lambs. Also, the lambs were grouped into two categories according to their sex (female and male) and lambing type (single or twin). The live weight was recorded every fourteen days. It was estimated average daily gain for pre-weaning (Pre-ADG, from 0 to 84 d

of age), post-weaning (Post-ADG, from 84 to 182 d) and for the period from birth to 182 d age (ADG, from 0 to 182 d). The lamb weights at birth, at weaning, and at 182 d age (final weight) were analyzed.

2.3.4 Experimental design and analysis of the data

A completely randomized experimental design with factorial arrangement was used. Data set was analyzed according to the model below following the procedures state by SAS (2003, V 9.1).

$$Y_{ijklmnop} = \mu + S_i + R_j + EP_k + ES_l + TP_m + SE_n + (S * EP)_{ik} + (S * TP)_{im} + (S * SE)_{in} \\ + (EP * ES)_{kl} + (S * EP * TP)_{ikm} + (S * EP * SE)_{ikn} + \varepsilon_{ijklmnop}$$

Where:

$Y_{ijklmnop}$ = birth weight, weaning weight and selling weight, μ = population mean, S_i = effect of i th sheep production system (G, GS and SHS), R_j = effect of the j th sheep phenotype (HP, SFxPB, SFxHP, and PB), EP_k = effect of the k th period of year (rainy or dry), ES_l = effect of the l th season of the year (autumn, winter, spring and summer), TP_m = effect of the m th birth type (single/twin), SE_n = effect of the n th sex of lamb (female/male), $(S * EP)_{ik}$ = effect of the interaction between the i th sheep production system and the k th period of the year, $(S * TP)_{im}$ = effect of the interaction between the i th sheep production system and the m th type of birth (single/twin), $(S * SE)_{in}$ = effect of the interaction between the i th of sheep production system and the n th sex of the lamb, $(EP * ES)_{kl}$ = effect of the interaction between the k th period of the year and the l th season of year, $(S * EP * TP)_{ikm}$ = effect of the interaction between the i th production system, the k th period of year and the m th birth type, $(S * EP * SE)_{ikn}$ = effect of the interaction between the i th production system, the k th period of the year and the n th sex of the lamb, $\varepsilon_{ijklmnop}$ = Effect of the p th experimental error.

2.4 Results and discussion

There was a significant effect of lamb phenotype ($p \leq 0.0001$), of season of the year ($p \leq 0.0031$), of birth type ($p \leq 0.0005$), and of interaction production system x period of the year ($p \leq 0.0038$) on birth weight. The weaning weight was influenced by the lamb phenotype ($p \leq 0.0001$), the birth type ($p \leq 0.0188$), and by the triple interaction production system by year period by birth type ($p \leq 0.0425$). Also, the double interaction production system by birth type affected significantly weaning weight. This effect was not discussed because it is a part of a second order interaction. Finally, phenotype ($p \leq 0.0001$) and sex ($p \leq 0.0002$) affected weight at sale.

Lamb phenotype had a significant effect on daily gain at weaning ($p \leq 0.0001$), daily gain at sale ($p \leq 0.0028$) and FW ($p \leq 0.0001$); sex had an effect on PostADG ($p \leq 0.0001$) and TADG ($p \leq 0.0001$). The production system interactions by season ($p \leq 0.0279$), year period by season ($p \leq 0.0049$), and the triple interaction production system by year period by birth type ($p \leq 0.0373$) for PreADG. The other interactions included in the considered statistical models did not show statistical significance ($p > 0.05$). In both cases the rest of the interactions turned out were no significant ($p > 0.05$).

2.4.1 Weight of the lambs at time of birth

The mean birth weight of the lambs was 4.83 ± 1.67 , which it is a product of the influence of the sheep phenotype, lamb sex, birth type, environment, and feeding conditions (Combellas, 1980). This birth weight ranged from 4.1 to 5.0 kg similar to pure breeds of SF, HP, Texel and Oxford (Maxa *et al.*, 2007), as well as, similar to Columbia pure breed (5.6 kg, De Lucas *et al.*, 2003) and Blackbelly pure breed (2.7 kg, González *et al.*, 2002).

The lambs from SHS phenotype had a birth weight lower (22.3%) than the lambs from the G and GS (Table 1, $p \leq 0.001$) because in this system producers raised wool phenotypes. The period of the year and season of the year influenced births weight of the lambs ($p \leq 0.001$, Table 1). The lambs that were born in the dry period weighed

19.4% more than those lambs which were born during the rainy season period ($p \leq 0.001$). This response was attributed to grain availability from crop lands and to feeding strategies that handle the producers during this period. Similar findings have been reported by González *et al.* (2002) and De Lucas *et al.* (2003) who attributed such findings to environment (Hailu *et al.*, 2006; Yilmaz *et al.*, 2007). It was recorded that most of the births (71.6%) occurred during the dry season.

Lambs that were born in autumn had 19.5% more birth weight than those lambs born in winter. In contrast, both lambs born in spring and in summer had the lowest weight ($p \leq 0.001$). It was reported that wool lambs born in winter had higher birth weight than those lambs born in spring (Yilmaz *et al.*, 2007), even within the winter, hair lambs born in January had high birth weight than lambs born in December (González *et al.*, 2002).

The lambs born from a single birth had a birth weight 18.2% higher than those were from twin birth ($p \leq 0.001$). Male lambs were heavier than female lambs (9.6%, $P \leq 0.001$). It has been frequently reported by some researchers (Cloete *et al.*, 2007; Corner *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2007). The lambs born from single birth were the heaviest because they did not compete for room and for nutrients as they develop inside of the uterus of their mothers.

The lambs of wool phenotypes, SF and HP, were the heaviest at birth compared to hair phenotype or their crosses (Table 1, $p \leq 0.001$). The lambs of phenotype SF weighed 21.9% more than the lambs of phenotype HP ($p \leq 0.001$), while the lambs of hair phenotype weighed 3.5 kg on average. These results are consistence with some findings early reported for wool sheep (De Lucas *et al.*, 2003; Maxa *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2007), but not always this trend is sustained due mainly feeding strategies (Dixit *et al.*, 2001) or genetic differences (Rastogi, 2001; González *et al.*, 2002; Matika *et al.*, 2003).

Table 1. Mean weight for lambs at birth according to the period of the year, season of the year, type of birth, lamb sex, lamb phenotype and sheep

production system from the Mexican High Plateau

	n	Birth Weight (kg)	Standard error
Sheep production system			
Grazing	143	4.87 ^a	0.108
Grazing and supplement	306	5.01 ^a	0.105
Semi-housing and supplement	61	3.84 ^b	0.156
Period of the year			
Dry	365	5.11 ^a	0.088
Rainy	145	4.12 ^b	0.119
Season of the year			
Autumn	144	5.01 ^a	0.133
Winter	224	5.14 ^a	0.116
Spring	91	4.35 ^b	0.174
Summer	51	3.82 ^c	0.119
Type of birth			
Single	407	5.01 ^a	0.083
Twin	103	4.10 ^b	0.141
Lamb sex			
Female	266	4.59 ^a	0.094
Male	244	5.08 ^b	0.113
Lamb phenotype			
Suffolk (SF)	225	6.13 ^a	0.066
Hampshire (HP)	61	4.79 ^b	0.152
Suffolk x Pelibuey (SFxPB)	153	3.52 ^c	0.112
Pelibuey (PB)	39	3.36 ^c	0.155
Suffolk x Hampshire (SFxHP)	32	3.80 ^c	0.150

Means at the same column and within a classification variable with different letters are statistical different ($p \leq 0.001$).

The lambs from the SHS had lower weight at birth when they were born in both periods of the year, rainy and dry. However, the lambs born in the GS and in the rainy season were 11.3% lighter than their contemporaries born in the G at the same period of the year ($p \leq 0.05$, Figure 1). When lambs were born in the SHS and dry period their birth weight was 9.6% lower than those lambs born in the GS ($p \leq 0.05$).

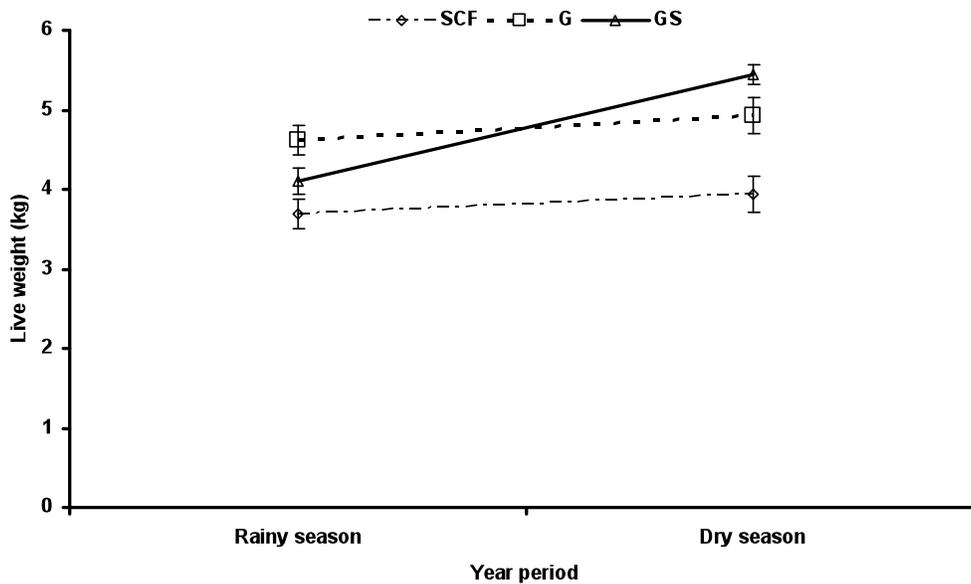


Figure 1. Birth weight of lambs, from three sheep production systems, grazing (G), grazing and supplement (GS) and semi-housing and supplement (SCF), born in different year season.

2.4.2 Lamb weight at 84 days

Most farmers did not have a technical approach for weaning lambs; therefore, it was chosen 84 d after birth as a weaning age, because it is into the age range of 70 and 90 d frequently recommend for weaning (Combellas, 1980). The mean weight of the lambs at 84 d was 20.6 ± 4.9 kg, closer to the high value of a range of 15 to 22 kg reported in other studies (Dixit *et al.* 2001; Matika *et al.* 2003).

The lambs from GS had a birth weight 21.46% and 17.61% higher than lambs from G and SHS respectively ($p \leq 0.001$). That is, lambs grazing on a range and supplemented in the afternoon easily reached a high weight at 84 d of age (Table 2). The birth season also influenced weaning weight of lambs, for instances, lambs were born in autumn (20.7 kg) and in winter (22.1 kg) reached similar live weight at weaning ($p > 0.1$), whereas lambs both born in spring (18.2 kg) and in summer (15.8 kg) had lower live weight at weaning ($p \leq 0.001$). Weaning weight was affected

positively by birth weight and type of birth because lambs from single birth were heaviest at 84 d age. Similar results were observed by other researchers (De Lucas *et al.* 2003; Corner *et al.* 2007; Yilmaz *et al.* 2007). They conclude that lambs from single birth would be heavier than lambs from multiple births because they can suck all the milk from their mothers.

The genetic merits of lambs SF phenotype for live weight at 84 d were evident in this study, since they surpassed those lambs of HP, SFxPB, PB, and SFxHP phenotype by 12.1, 23.4, 27.9, and 42.3%, respectively ($p \leq 0.001$). These data were greater than those reported for pure breed Merino lambs at 90 days (15.0 kg: Dixit *et al.* 2001), but lower than pure breed lambs Texel, Shropshire, Oxford, and Suffolk at 60 d of age (Maxa *et al.* 2007).

Most of the lambs born in the rainy season had a similar live weight at 84 days (weaning), with the exception of those born in the G system for twin births, which had the lowest live weight. However, during the dry season, the lambs from single birth of the G and lambs from twin lambs of SHS showed not important change in their live weight ($p > 0.05$, Figure 2), but they were the lightest lambs in the dry season ($P \leq 0.05$). Furthermore, the lambs from twin birth and from G that were born during the dry season were the heaviest lambs (54.6%), followed by those lambs from the GS (23.9%) and SHS (22.9%) and from single birth ($p \leq 0.05$).

2.4.3 Weight of the lambs at 182 days

Lambs from G and GS had similar live weight of 28.86 ± 6.98 kg at 182 days. Individual live weight were statistical similar ($p > 0.05$, 28.24 and 29.10 kg). The live weight of lambs was higher in the dry season (29.96 kg) than in the rainy season (25.26 kg) at 182 days ($p \leq 0.001$). In the same way, season of the year influenced live weight at 182 days. Lambs were heavier in autumn-winter (29.66 to 30.13 kg), than lambs born in spring-summer (25.44 to 25.84 kg; $p \leq 0.001$; Table 2).

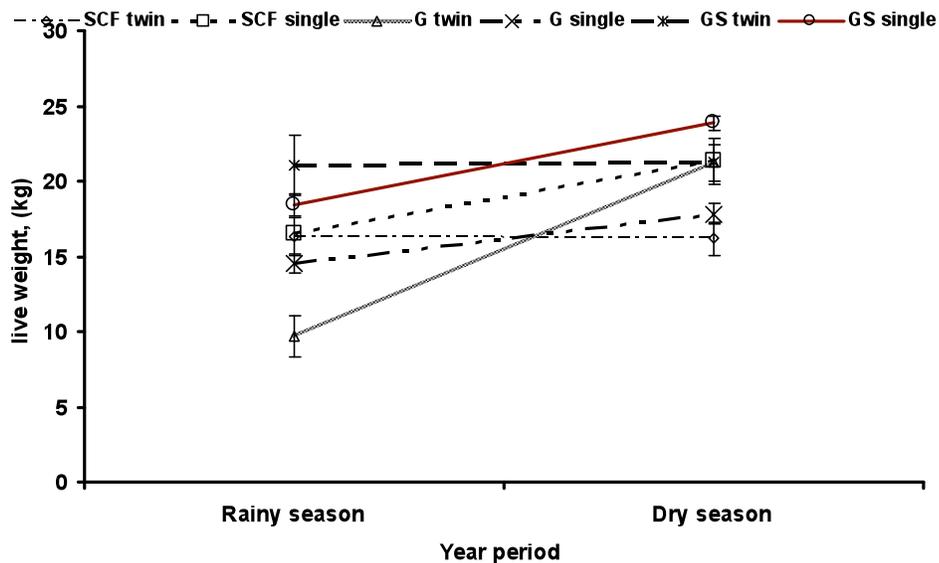


Figure 2. Live weight of lambs at 84 d of age, according to year period, sheep production system [grazing (G), grazing and supplement (GS) and semi-housing and supplement (SHS)], and birth type (single/twin).

2.4.4 Average daily gain

The ADG was lower for pre-weaning, post-weaning and final weight, 0.187 ± 0.003 , 0.100 ± 0.004 , and 0.135 ± 0.003 kg/head/day, respectively. Lambs from GS had ADG the highest ADG for pre-weaning period (0.205 kg/head/day, $p \leq 0.001$) followed by lambs from SHS (0.175 kg/head/day) and lambs from G (0.152 kg/head/day). These ADG's were acceptable since the De Lucas *et al.* (2003) pointed out ADG of 0.271 kg/head/day for a pre-weaning period from 0 to 60 d of age. The ADG's were lower than an ADG (0.209 to 0.227 kg/head/day) of lambs receiving artificial feeding (Bimczok *et al.* 2005). According to the finding of this study the growing rate of the lambs raised by smallholders under local technology is lower, but it is likely that this growing rate could be greater provided an improve is made on the current sheep production technology (Dwyer, 2008; Hashemi *et al.* 2008).

Table 2. The average daily gain (kg/head/day) for pre-weaning, post-weaning and final periods in lambs for different variables of classification

	n	Pre-weaning daily gain	Live weight of pre-weaning weight (84 d)	n	Post-weaning daily gain	Live weight of post-weaning weight (182 d)	Overall average daily gain
Sheep production system							
Grazing (G)	113	0.152 ± 0.006 ^c	17.57 ± 0.558 ^b	60	0.121 ± 0.007 ^a	28.24 ± 1.122 ^{ab}	0.131 ± 0.006 ^b
Grazing and supplement (GS)	248	0.205 ± 0.004 ^a	22.37 ± 0.406 ^a	118	0.090 ± 0.005 ^c	29.10 ± 0.862 ^a	0.139 ± 0.004 ^a
Semi housing and supplement (SHS)	53	0.175 ± 0.007 ^b	18.43 ± 0.713 ^b	26	0.097 ± 0.011 ^b	25.50 ± 1.404 ^b	0.122 ± 0.008 ^c
Year period							
Dry (oct-mar)	314	0.196 ± 0.004 ^a	21.57 ± 0.366 ^a	156	0.107 ± 0.005 ^a	29.96 ± 0.737 ^a	0.140 ± 0.003 ^a
Rainy (april-sep)	100	0.157 ± 0.006 ^b	17.38 ± 0.553 ^b	48	0.079 ± 0.006 ^b	25.26 ± 1.029 ^b	0.117 ± 0.005 ^b
Season of the year							
Autumn	134	0.185±0.006 ^{ab}	20.67 ± 0.597 ^a	74	0.123±0.006 ^a	30.13 ± 0.902 ^a	0.141±0.004 ^a
Winter	181	0.203±0.005 ^a	22.12 ± 0.459 ^a	82	0.093±0.007 ^{ab}	29.66 ± 1.147 ^{ab}	0.139±0.005 ^a
Spring	71	0.167±0.007 ^b	18.24 ± 0.682 ^b	38	0.070±0.006 ^b	25.44 ± 1.163 ^b	0.117±0.005 ^b
Summer	28	0.139±0.009 ^c	15.81 ± 0.833 ^c	10	0.108±0.016 ^a	25.84 ± 2.293 ^b	0.122±0.011 ^b
Type of birth							
Single	339	0.189 ± 0.004 ^a	20.92 ± 0.355 ^a	165	0.098 ± 0.005 ^b	29.11 ± 0.683 ^a	0.134 ± 0.003 ^b
Twin	75	0.175 ± 0.007 ^b	18.82 ± 0.717 ^b	39	0.111 ± 0.009 ^a	27.81 ± 1.562 ^a	0.136 ± 0.007 ^a
Type of birth							
Single	339	0.189 ± 0.004 ^a	20.92 ± 0.355 ^a	165	0.098 ± 0.005 ^b	29.11 ± 0.683 ^a	0.134 ± 0.003 ^b
Twin	75	0.175 ± 0.007 ^b	18.82 ± 0.717 ^b	39	0.111 ± 0.009 ^a	27.81 ± 1.562 ^a	0.136 ± 0.007 ^a
Sex							
Female	227	0.181 ± 0.005 ^b	19.88 ± 0.441 ^b	144	0.086 ± 0.004 ^b	27.26 ± 0.648 ^b	0.127 ± 0.003 ^b
Male	187	0.193 ± 0.005 ^a	21.38 ± 0.457 ^a	60	0.136 ± 0.009 ^a	32.72 ± 1.350 ^a	0.154 ± 0.006 ^a
Breed							
Suffolk (SF)	186	0.209 ± 0.005 ^a	23.79 ± 0.458 ^a	68	0.114±0.007 ^{bc}	34.32 ± 0.948 ^a	0.155 ± 0.005 ^a
Hampshire (HP)	43	0.192±0.012 ^{ab}	20.92 ± 1.099 ^b	16	0.117 ± 0.014 ^b	33.56 ± 2.48 ^a	0.159 ± 0.012 ^a
wool x hair (WH)	116	0.174 ± 0.005 ^b	18.21 ± 0.459 ^c	68	0.060 ± 0.005 ^d	23.44 ± 0.937 ^b	0.111 ± 0.004 ^c
Pelibuey (PB)	37	0.165 ± 0.006 ^b	17.16 ± 0.579 ^c	22	0.111 ± 0.011 ^c	27.23 ± 1.316 ^b	0.132 ± 0.007 ^b
Suffolk x Hampshire (SFxHP)	32	0.118 ± 0.007 ^c	13.73 ± 0.588 ^d	30	0.145 ± 0.009 ^a	27.64 ± 1.316 ^b	0.132 ± 0.007 ^b

Means at the same column and within the same category with different litter are statistically different ($P \leq 0.001$)

The ADG decreased during the post-weaning period in all cases ($p \leq 0.001$), the highest ADG was recorded for lambs from G (0.121 kg/head/day) compared with ADG of lambs from HSH (0.097 kg/head/day), and lambs from GS (0.090 kg/head/day). Such differences could be primarily explained by the feeding systems forage availability and its effects on feed intake (Dwyer, 2008; Hashemi *et al.* 2008).

Lambs from GS had the highest overall ADG (0.139 kg/head/day; $P \leq 0.001$) followed by lambs from G (0.131 kg/head/day) and SCF (0.122 kg/head/day).

The ADG for pre-weaning, post-weaning, and final period was higher in the dry season than in rainy season. It is very likely that the feeding systems yielded good body condition from October to March, mainly due to the type of feed resources availability.

Lambs from single births had a greater ADG during the pre-weaning stage than lambs from twin births (0.189 vs 0.175 kg/head/day). But such differences were lost during the post-weaning stage (0.098 vs 0.111 kg/head/day) and the final period (0.134 vs 0.136 kg/head/day). Lambs from single births had a high vigor for growing rate (Dixit *et al.* 2001; Gonzalez *et al.* 2002).

The lambs of SF genotype showed the highest growing rate at pre-weaning period (0.209 kg, $P \leq 0.001$), followed by lambs of HP phenotype (0.192 kg/head/day), and finally, lambs of SFxPB genotype (0.174 kg/head/day), lambs of genotype PB (0.165 kg/head/day), and lambs of SFxHP genotype (ADG, 0.118 kg/head/day). These ADG's were lower than those ADG's reported by Rosa *et al.* (2007), for the Romney Marsh breed (0.236 kg/head/day), but similar to those reported for Merino Blanco breed (0.214 kg/head/day). Working with Blackbelly, Gonzalez *et al.* (2002) recorded a ADG for pre-weaning period similar to the ADG's found in this study for lambs PB genotype (0.165 vs 0.122 kg/head/day).

Lamb males and wool lambs had the highest ADG at the post-weaning and final period as it has been early reported (Bosso *et al.* 2007; Rosa *et al.* 2007; Burke and Apple, 2007; Lupton *et al.* 2007).

In general, the ADG of the lambs depended on the sheep production system where they were raised ($p \leq 0.0373$), on the lamb sex, and the birth type they came from.

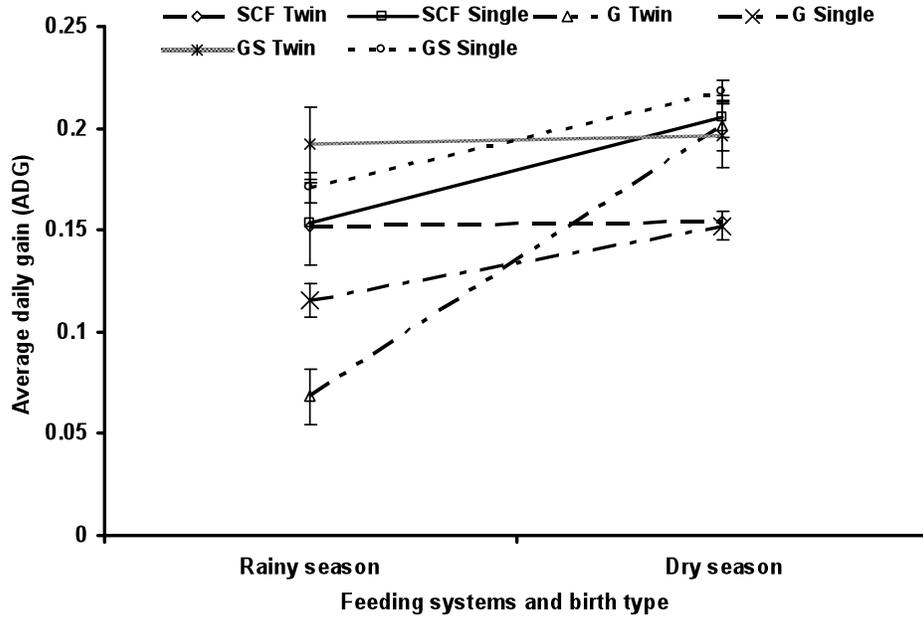


Figure 3. Average daily gain according to rainy season, sheep production system [grazing (GS), grazing and supplement (GS) and semi-housing and ratio (SHS)] and lamb birth (single/twin).

Although, most of the time the lambs raised in the G showed smaller ADG through the year than any other lambs ($p \leq 0.05$, Figures 4), it was not a typical pattern through the year ($p \leq 0.05$). However, ADG of lambs raised in the G showed a pattern with a continuous decrease through the year, may be attributed to forage availability and grazing activities.

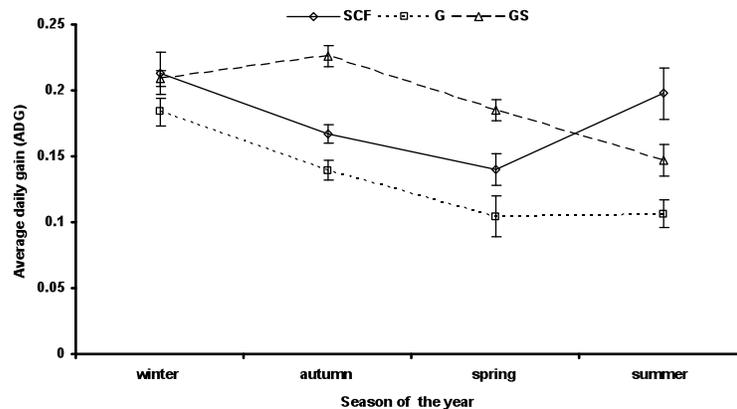


Figure 4. Average daily gain according to rainy season and sheep production system [grazing (GS), grazing and supplement (GS) and semi-housing and ratio (SHS)].

2.5. Conclusions

Lamb production from the nor-west of Tlaxcala State is limited by several year and sheep factors. Because sheep feeding systems together with sheep phenotype and birth type influenced birth weight and live weight, producers just can handle phenotypes to get heaviest lambs into a sheep feeding system. Although producer could shift from one sheep feeding system to another, it is not likely to occur due to common grazing land availability. Lamb performance is acceptable, but there is still potential to improve growing rates and consequently the live weight at pre-weaning, and post-weaning periods.

2.6. Literature reference

- Bimczok, D., Rohl, FW., Ganter, M., 2005. Evaluation of lamb performance and costs in motherless rearing of German Grey Heath sheep under field conditions using automatic feeding systems. *Small Rumin. Res.* 60: 255-265.
- Bosso, N.A, Cissé M,F., van der Waaij, E.H., Fall, A., van Arendonk, J.A.M., 2007. Genetic and phenotypic parameters of body weight in West African Dwarf goat and Djallonké sheep. *Small Rumin. Res.* 67: 271-278.
- Burke JM, Apple JK., 2007. Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep wethers. *Small Rumin. Res.* 67: 264-270.
- Cloete, J.J.E., Cloete, S.W.P., Olivier, J.J., Hoffman, L.C., 2007. Terminal crossbreeding of Dorper ewes to Ile de France, Merino Landsheep and SA Mutton Merino sires: Ewe production and lamb performance. *Small Rumin. Res.* 69: 28-35.
- Combellas, J., Martínez, N., González, E., 1980. Estudio de algunos factores que influyen en el peso al nacimiento y al destete en corderos. *Prod. Anim. Trop.* 5: 285-289.

- Corner, R.A., Kenyon, P.R., Stafford, K.J., West, D.M., Oliver, M.H., 2007. The effect of mid-pregnancy shearing and litter size on lamb birth weight and postnatal plasma cortisol response. *Small Rumin. Res.* 73:115-121.
- De Lucas, T.J., Zarco, Q.L.A., González, P.E., Tórtora, P.J., Villa, G.A., Peláez, V.C., 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Vet. Mex.* 34: 1-12.
- Dixit, S.P., Dhillon, J.S., Singh, G., 2001. Genetic and non-genetic parameter estimates for growth traits of Bharat Merino lambs. *Small Rumin. Res.* 42:101-104.
- Dwyer, C.M. 2008. The welfare of the neonatal lamb. *Small Rumin. Res.* 76: 31-41.
- González, G.R., Torres, H.G., Castillo, A.M., 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Vet. Mex.* 33: 443-453.
- Hailu, D., Mieso, G., Nigatu, A., Fufa, D., Gamada, D., 2006. The effect environmental factors on preweaning survival rate of Borona and Arsi-Bale kids. *Small Rumin. Res.* 66: 291-294.
- Hashemi, M., Zamiri, M.J., Safdarian, M., 2008. Effects of nutritional level during late pregnancy on colostrum production and blood immunoglobulin levels of Karakul ewes and their lambs. *Small Rumin. Res.* 75: 204-209.
- Lupton, C.J., Huston, J.E., Craddock, B.F., Pfeiffer, F.A., Polk, W.L., 2007. Comparison of three systems for concurrent production of lamb meat and wool. *Small Rumin. Res.* 72: 133-140.
- Matika, O., van Wyk, J.B., Erasmus, G.J., Baker, R.L., 2003. A description of growth, carcass and reproductive traits of Sabi sheep in Zimbabwe. *Small Rumin. Res.* 48: 119-126.
- Maxa, J., Norberg, E., Berg, P., Pedersen, J., 2007. Genetic parameters for growth traits and litter size in Danish Texel, Shropshire, Oxford Down and Suffolk. *Small Rumin. Res.* 68: 312-317.
- Morales, M.M., Martínez, J.P., Torres, H.G., Pacheco, V.E. 2004. An assessment of sheep production potential through an agroecosystem approach in an ajido of the State of Veracruz, Mexico. *Téc. Pec. Méx.* 42: 347-359.
- Rastogi, R.K., 2001. Production performance of Barbados Blackbelly sheep in Tobago, West Indies. *Small Rumin. Res.* 41:171-175.
- Rosa, H.J.D., Ventura, P.F.M., Sousam, J.T., Moreira, D., Borba, A.E.S., Rego, O.A., 2007. Productive and reproductive performance of Romney Marsh and Merino

- Branco sheep in the Azores under different feeding regimens. *Small Rumin. Res.* 67: 296-301.
- Rubio, M.S., Torres, N., Gutiérrez, J. Méndez, R.D. 2004. Composition and sensory evaluation of lambs carcasses used for the traditional Mexican lamb dish, "barbacoa". *Meat Sci.* 67: 359-364.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP [In line] <http://www.siap.gob.mx/> [date: January 03, 2008].
- SAS Institute Inc., 2003. *The Analyst Application*. Second Edition. Cary, NC. SAS Institute Inc. North Carolina, USA. 496 p.
- Segura, J.C., Sarmiento, L., Rojas, O. 1996. Productivity of pelibuey and blackbelly ewes in Mexico under extensive management. *Small Rumin. Res.* 21: 57-62.
- Yilmaz, O., Denk, H., Bayram, D., 2007. Effects of lambing season, sex and birth type on growth performance in Norduz lambs. *Small Rumin. Res.* 68: 336-339.

CAPITULO III.

DESCRIPCIÓN DEL CRECIMIENTO DE CORDERAS DESDE EL NACIMIENTO A LOS 200 DÍAS DE EDAD USANDO MODELOS DE REGRESIÓN

DESCRIPTION OF FEMALE LAMBS FROM BIRTH TO 200 DAYS OF AGE USING REGRESSION MODELS

3

3.1. Resumen

El objetivo de este estudio fue ajustar un modelo de regresión polinomial al perfil de la curva de crecimiento de corderas de cinco genotipos y dos tipos de nacimiento en rebaños de ovinos en el nor-poniente del estado de Tlaxcala, México. Se analizaron los registros de 176 crías hembras de diferentes tipos genético en las que se incluyen a las Suffolk (SF 54), Hampshire (HP 13), Cruza lana-pelo (LP 62), Suffolk-Hampshire (SFHP 30) y Pelibuey (PB 17) del nacimiento a 200 d de edad. Los pesos se registraron cada 14 d y se utilizó un modelo de regresión para explicar la tendencia de las curvas de crecimiento de las corderas. Se usó el genotipo y el tipo de nacimiento como variables categóricas. La selección del mejor modelo fue por comparación del cuadrado medio del error (CME). El modelo de regresión cuadrático mostró el mejor ajuste (1.0 a 9.3 vs 0.05 a 0.73 kg²) comparado con el modelo lineal. Las variables categóricas para genotipo y tipo de nacimiento de las corderas fueron útiles para identificar la necesidad de un modelo de crecimiento individual ($p \leq 0.05$). Los coeficientes de regresión para el modelo con peso al nacer en la edad cero ayudaron a predecir la tasa de crecimiento y a identificar diferencias en el potencial para crecimiento entre genotipos y tipo de nacimiento. Las corderas con mayor peso al nacimiento presentaron una alta tasa de crecimiento lineal hasta los 140 d de edad, independientemente del genotipo y tipo de nacimiento.

³ Artículo enviado a Revista Agrociencia para su revisión, 18-11-2009

PALABRAS CLAVE: tasa crecimiento, corderas, peso al nacer, modelos de regresión, variables categóricas.

3.2. Introducción

En los ovinos para carne la eficiencia productiva de la explotación se relaciona con la optimización de la reproducción de las ovejas, así como con la tasa de sobrevivencia y el crecimiento de los corderos (Koyuncu y Uzun, 2009). Una estrategia que se ha seguido para mejorar estos parámetros productivos en los ovinos del Atiplano de México, ha sido mediante la introducción de genotipos de lana y de pelo, de los cuales se desconocen los niveles de productividad.

Una forma de conocer el potencial genético para producir carne de un genotipo en particular, es medir el peso al nacer y el peso vivo a diferentes intervalos de tiempo (Mokhtari *et al.*, 2008). Otra forma, es medir la tendencia de las curvas de crecimiento, para describir el perfil del cambio del peso vivo. En ambos casos, es conveniente incluir todas las fases del crecimiento para hacer una mejor estimación del potencial genético.

Las curvas de crecimiento son más útiles para describir la tendencia del peso vivo conforme crecen las corderas y los modelos matemáticos ajustados pueden explicar la tasa de cambio del peso a través del tiempo. Un modelo matemático apropiado para una curva de crecimiento generalmente es de tipo no lineal (Bathaei y Pascal, 1998; Lewis y Brotherstone, 2002). Para este tipo de modelos es necesario que las corderas alcancen su peso maduro (Kaps *et al.*, 2000; Mignon-Grasteau, 2000; Huisman *et al.*, 2002). Para corderos jóvenes se ha observado que los modelos lineales propuestos por Littell *et al.* (2002), describen satisfactoriamente el cambio del peso vivo con la edad. Estos modelos podrían ayudar a explicar la expresión del potencial genético de las corderas que crecen en condiciones de manejo familiar o a pequeña escala (Haenlein y Abdellatif, 2004), en un corto periodo de vida. Los

modelos lineales utilizan el peso al nacer y al destete, los cuales son caracteres de interés económico para el productor (Hailu *et al.*, 2006).

El objetivo del presente estudio fue analizar el crecimiento de corderas en cinco genotipos de explotaciones a pequeña escala de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala, desde el nacimiento a los 200 d de edad, con modelos de regresión lineal para comparar los mejores ajustes al perfil de las curvas de crecimiento usando variables categóricas.

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Área de estudio

Las corderas utilizadas para el estudio fueron criadas en explotaciones agropecuarias familiares de los municipios de Benito Juárez, Calpulalpan, Muñoz de Domingo Arenas, Sanctorum y Hueyotlipan del estado de Tlaxcala, México. Estos municipios se ubican en el altiplano central de México, a 19°22' y 19°45'N 97°52' y 98°43'O, a una altitud de 2,650 m. El clima de la zona se clasifica como un C(w₁)(w), templado subhúmedo, intermedio en humedad (García, 1988), con temperatura media anual de 15 °C y precipitación media anual de 400 mm (SAGARPA, 2007).

3.3.2. Manejo alimenticio de las madres

La alimentación del pie de cría es a base de pastoreo de vegetación nativa durante la temporada de lluvias, y en la época seca consumen vegetación nativa y residuos post-cosecha de cebada y maíz. Las crías se alimentaron de la leche materna hasta los 84 d de edad, a partir de esta edad la alimentación dependió del pastoreo.

3.3.3. Animales de estudio

Se analizaron los registros de 176 corderas de los tipos genéticos Suffolk (SF 54), Hampshire (HP 13), cruce lana-pelo (LP 62), Suffolk-Hampshire (SFxHP 30) y

Pelibuey (PB 17). Para cada cría se utilizó una hoja de registro con la fecha de nacimiento, tipo de parto y el peso al nacimiento. Cada cría fue identificada con arete y se registró el peso cada 14 d hasta los 200 d de edad (octubre 2006 a julio 2007).

3.3.4. Análisis y modelo estadístico

La base de datos fue analizada utilizando modelos lineales y no lineales ajustados con los procedimientos REG y NLIN (SAS, 2003). Al perfil de las curvas de crecimiento se les ajustó modelos de regresión lineal que incluyeron genotipo de la cordera (D_1 , D_2 , D_3 y D_4) y tipo de nacimiento de la cordera como variables indicadoras (D_1 y D_2). En todos los casos las variables categóricas tomaron valores de 0 y 1 con la finalidad de comparar las funciones y los coeficientes de regresión (Myers, 1989; Neter *et al.*, 1996).

El modelo de regresión para PV en función de la edad para corderas de nacimiento sencillo o doble, como variable categórica fue: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{1i}^2 + \beta_3 D + \beta_4 X_{1i} D + \beta_5 X_{1i}^2 D + \varepsilon_i$.

Los coeficientes β_0 , β_1 y β_2 , representan el peso al nacer, la tasa de cambio en PV, y la tasa de disminución del PV. El coeficiente β_3 corresponde a la variable categórica, con dos niveles para tipo de nacimiento; los coeficientes β_4 y β_5 representan las interacciones entre la variable continua y la variable categórica. La función del coeficiente de la variable categórica en el modelo, $Y_i = (\beta_0 + \beta_3) + (\beta_1 + \beta_4)X_{1i} + (\beta_2 + \beta_5) X_{1i}^2$ fue probar la hipótesis de una pendiente común para la curva de crecimiento de hembras de nacimiento simple y doble; mientras que la función de los coeficientes de las interacciones fue probar la hipótesis de similitud en las funciones de regresión entre tipo de nacimiento de las corderas. El criterio utilizado para seleccionar el mejor modelo fue el CME (Myers, 1989; Neter *et al.*, 1996).

3.4. Resultados y discusión

3.4.1. Selección de modelos de crecimiento

Los modelos de regresión lineal y cuadrático ajustados al perfil de la curva de crecimiento de las corderas presentaron coeficientes de determinación (R^2) mayores a 0.90 (Cuadros 1 y 2). Sin embargo, los modelos de regresión cuadrática tuvieron un CME pequeño. El menor CME y un alto coeficiente de determinación son criterios estadísticos ampliamente utilizados para elegir el mejor modelo de crecimiento (Gbangboche *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2008; Malhado *et al.*, 2009); al ser indicadores de un mejor ajuste del modelo al perfil de la curva de crecimiento.

Cuadro 1. Cuadrados medios del error (CME, kg^2) y coeficientes de determinación (R^2) para los modelos lineales y cuadráticos para peso vivo (PV) en función de la edad y genotipo de las corderas.

Genotipo	PV = $\alpha + \beta_1 \cdot \text{edad}$		PV = $\alpha + \beta_1 \cdot \text{edad} + \beta_2 \cdot \text{edad}^2$	
	CME	R^2	CME	R^2
HP	7.24	0.92	0.322	0.99
LP	4.36	0.90	0.151	0.99
PB	1.66	0.97	0.028	0.99
SF	3.76	0.95	0.059	0.99
SFHP	1.05	0.98	0.372	0.99

HP, Hampshire; LP, Lana-pelo; PB, Pelibuey; SF, Suffolk; SFHP, Suffolk x Hampshire; CME, cuadrado medio del error; PV, peso vivo

Cuadro 2. Cuadrados medios del error (CME, kg^2) y coeficientes de determinación (R^2) para los modelos de regresión para peso vivo en función de la edad, raza y tipo de nacimiento de las corderas.

Genotipo	PV = $\alpha + \beta_1 \cdot \text{edad}$				PV = $\alpha + \beta_1 \cdot \text{edad} + \beta_2 \cdot \text{edad}^2$			
	Sencillo		Mellizo		Sencillo		Mellizo	
	CME	R^2	CME	R^2	CME	R^2	CME	R^2

HP	9.261	0.92	5.368	0.92	0.727	0.99	0.177	0.99
LP	4.787	0.90	2.535	0.93	0.189	0.99	0.144	0.99
PB	2.456	0.96	1.207	0.98	0.124	0.99	0.081	0.99
SF	3.887	0.95	3.485	0.97	0.049	0.99	0.893	0.99
SFxHP	1.220	0.98	0.176	0.99	0.410	0.99	0.101	0.99

HP, Hampshire; LP, Lana-pelo; PB, Pelibuey; SF, Suffolk; SFHP, Suffolk x Hampshire; CME, cuadrado medio del error; PV, peso vivo; R²: Coeficiente de determinación.

El modelo de regresión cuadrático fue el más apropiado para explicar el ritmo de crecimiento de las corderas a una edad temprana. Al utilizar el tipo genético o el tipo de nacimiento de la cordera como variables categóricas fue posible comparar los modelos de regresión para la ganancia diaria de peso en función del tiempo (Zaragoza, 2005).

3.4.2. Modelos de crecimiento para razas

La solución al modelo de regresión cuadrático, con edad y tipo genético de la cordera como variables continúa y categórica, respectivamente, mostró un efecto significativo de ambas variables como factores simples y la interacción entre variable categórica y variable continua ($p \leq 0.05$). La interacción entre ambas variables indica que el perfil y la tasa de crecimiento fue diferente entre los tipos genéticos de las corderas ($p \leq 0.05$). La posición de las curvas de crecimiento en el eje cartesiano revelan que las corderas de lana, HP y SF, tuvieron mayor potencial para crecer desde los 28 hasta 200 d de edad; las corderas LP y PB tuvieron un potencial intermedio. Finalmente, las corderas de las cruza SFxHP presentaron el menor crecimiento hasta los 140 d (Figura 1).

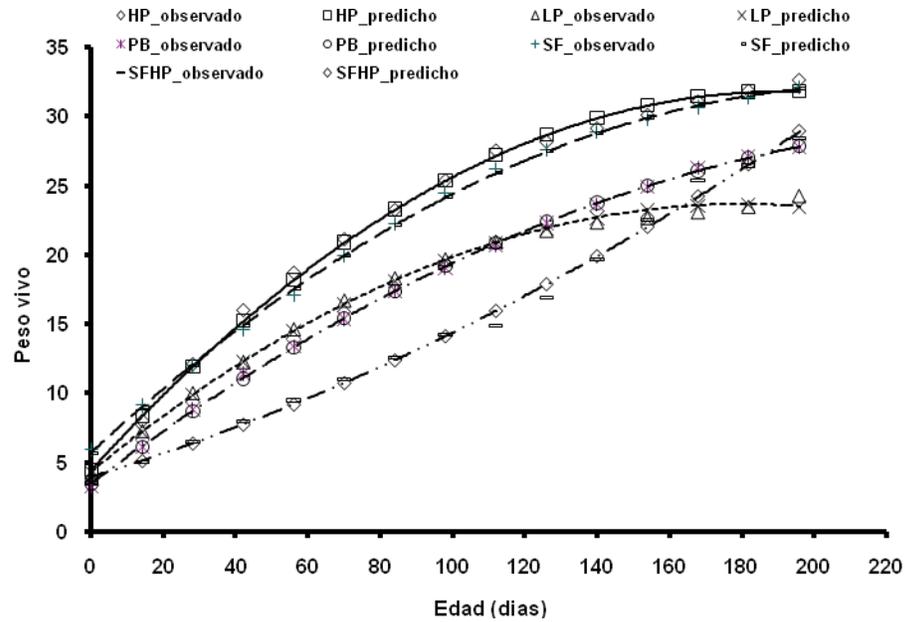


Figura 1. Curvas de crecimiento en función de la edad de las corderas Hampshire (HP), Lana-pelo (LP), Pelibuey (PB), Suffolk (SF) y Suffolk x Hampshire (SFxHP) desde el nacimiento hasta 200 días.

Los modelos de regresión para las curvas de la figura 1, se ajustaron al perfil de crecimiento observado (Cuadro 3) y explicaron de 99.5 a 99.9 % de la variabilidad total observada en el PV hasta los 200 d, coeficientes de determinación similares, han sido considerados como un buen indicador del ajuste en modelos de crecimiento no lineal al perfil de las curvas (Lambe *et al.*, 2006; Pittroff *et al.*, 2008; Malhado *et al.*, 2009).

Cuadro 3. Coeficientes para las funciones de regresión con peso vivo (kg) en función de la edad, según genotipo de las corderas.

Genotipo	Peso al nacer (β_0)	Tasa de crecimiento ($\beta_1 x_i$)	Disminución en la tasa de crecimiento ($\beta_2 x_i^2$)	Coefficiente de determinación (R^2)
HP	4.45±0.386 ^b	0.287±0.009 ^a	-0.0007±0.00001 ^a	0.99
LP	4.12±0.255 ^b	0.214±0.006 ^c	-0.0006±0.00002 ^b	0.99
PB	3.47±0.114 ^c	0.196±0.003 ^c	-0.0004±0.00001 ^d	0.99
SF	5.72±0.242 ^a	0.242±0.004 ^b	-0.0005±0.00002 ^c	0.99
SFxHP	3.95±0.416 ^{bc}	0.080±0.0002 ^d	+0.0002±0.00005 ^d	0.99

HP, Hampshire; LP, Lana-pelo; PB, Pelibuey; SF, Suffolk; SFHP, Suffolk x Hampshire.

Coeficientes de regresión en una columna con diferente literal son estadísticamente diferentes $p \leq 0.05$.

Las tasa de crecimiento, representadas por los coeficientes β_1 β_2 , son ganancia de peso ($\text{g animal}^{-1} \text{d}^{-1}$).

El coeficiente de regresión para el intercepto (β_0), indica pesos al nacer entre 3.4 y 5.8 kg; el coeficiente para el término lineal (β_1) predice ganancia de peso entre 80 y 290 $\text{g cordera}^{-1} \text{d}^{-1}$; y el coeficiente para término cuadrático predice una reducción en la tasa de crecimiento lineal entre 0.2 y 0.7 g d^{-1} . Los pesos al nacimiento están dentro del rango reportado para los genotipos estudiados (González *et al.*, 2002; Maxa *et al.*, 2007).

Las corderas difieren en su potencial de crecimiento debido a su tipo genético. El modelo revela una ventaja en el ritmo de crecimiento para las corderas de lana y su cruce con genotipos de pelo, por tener mayor peso al nacer y tasas de crecimiento arriba de 195 g d^{-1} (Cuadro 3). Los pesos al nacimiento mayores a 4.0 kg favorecieron altas tasas de crecimiento hasta los 140 d.

Los pesos al nacer fueron similares a los reportados (4.1 a 5.7 kg) por Cloete *et al.* (2007) y Corner *et al.* (2007). Estos resultados muestran la ventaja de las corderas para lana en las condiciones de crianza de la región de estudio y las corderas de

pelo fueron menos pesadas al nacer (2.7 a 3.2 kg) como lo reportaron Rastogi (2001) y Matika *et al.* (2003).

La tasa de crecimiento para las razas de pelo y sus cruzas, predichas por el modelo de regresión, fue similar a las estimadas por los modelos de crecimiento de Bertalanffy y Richards (Malhado *et al.*, 2009) para Dorper y sus cruzas al año de edad (0.129 y 0.325 g animal⁻¹d⁻¹). Sin embargo, fueron superiores a las calculadas para ovejas Awassi y Morkaraman (0.006 a 0.018 g animal⁻¹ d⁻¹) con cuatro modelos no lineales (Topal *et al.*, 2004).

3.4.3. Modelos de crecimiento para raza y tipo de nacimiento

Los coeficientes de regresión para los modelos con edad y tipo de nacimiento como variables continua y categórica respectivamente, dentro de genotipo de corderas indican la necesidad de obtener un modelo de regresión particular para corderas de nacimiento simple y doble de distinto tipo genético.

Las curvas de crecimiento que describen los modelos se presentan en la Figura 2. Las corderas HP de nacimiento simple tienen más ventaja en el crecimiento después de 28 d de edad, mientras las corderas LP y SF lo fueron después de los 112 d. Las corderas PB y SFxHP de ambos tipos de nacimiento, observaron similar ritmo de crecimiento.

Las corderas de nacimiento simple fueron las más pesadas al nacer (Cuadro 4) y mostraron una alta tasa de crecimiento, asociada al decremento en el crecimiento lineal ($p \leq 0.05$). El modelo de regresión correspondiente a cada genotipo y tipo de nacimiento explicó de 99.3 a 99.9 % de la variabilidad total observada en el peso al nacer a los 200 d. Las corderas HP, LP y SF de nacimiento doble son menos pesadas del post-destete a los 200 d que las de parto simple.

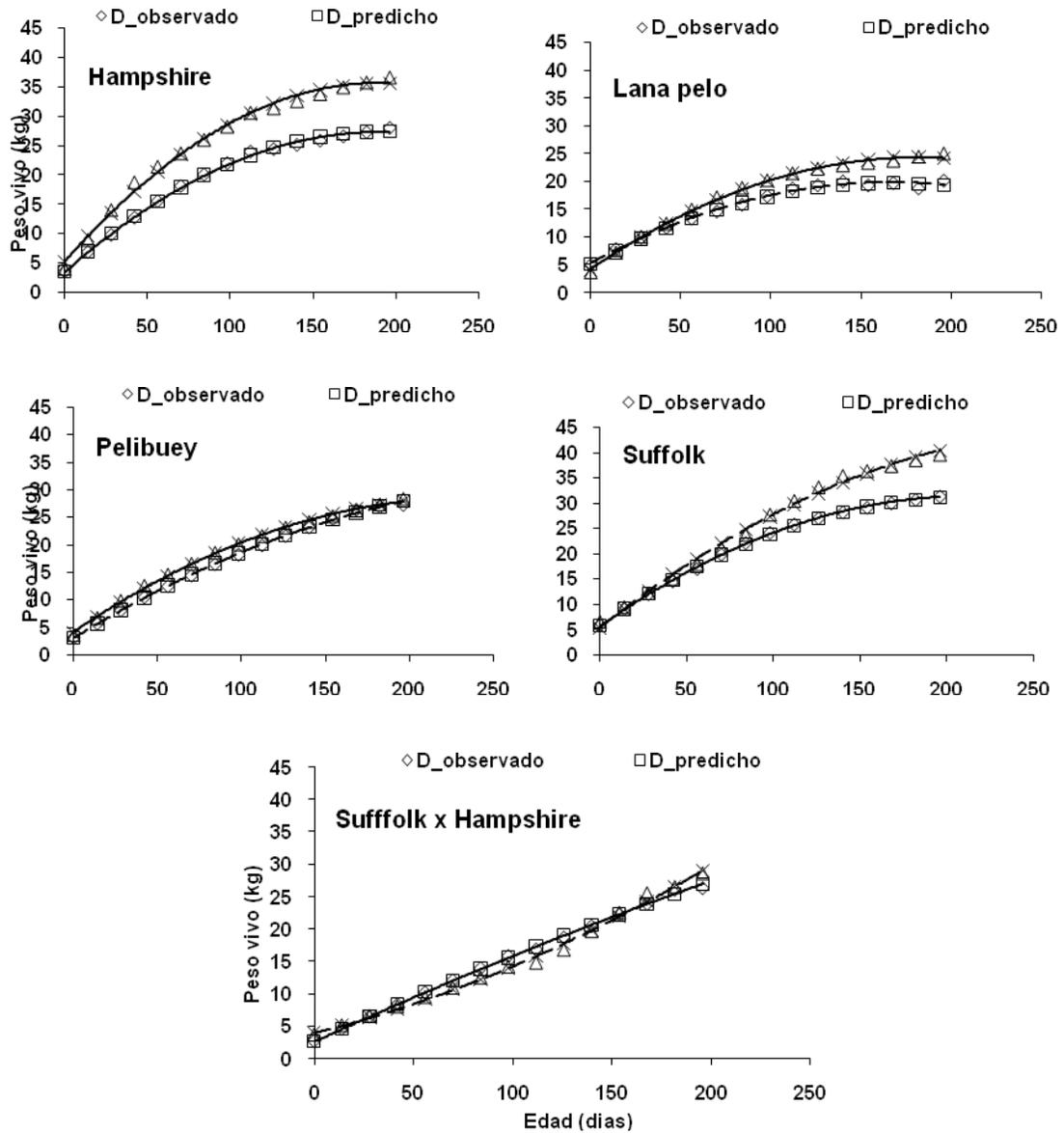


Figura 2. Perfil de la acumulación de peso vivo con la edad de las corderas, de nacimiento doble (D) y simple (S), para cinco tipos genéticos de ovinos, desde el nacimiento hasta 200 días.

Cuadro 4. Coeficientes para los modelos de regresión, de cinco tipos genéticos de ovejas, con edad de la cordera según tipo de nacimiento.

Genotipo	Tipo de parto	Peso nacer (β_0)	Tasa de crecimiento ($\beta_1 x_i$)	Disminución tasa de crecimiento ($\beta_2 x_i^2$)	Coeficiente de determinación (R^2)
HP	D	3.51±0.287 ^b	0.249±0.007 ^a	- 0.006±0.0003 ^a	0.99
	S	5.24±0.581 ^a	0.319±0.014 ^b	- 0.008±0.0007 ^b	0.99
LP	D	3.91±0.258 ^a	0.174±0.006 ^a	- 0.004±0.0003 ^a	0.99
	S	4.16±0.296 ^b	0.222±0.007 ^b	- 0.006±0.0003 ^b	0.99
PB	D	3.03±0.193 ^b	0.186±0.004 ^a	- 0.003±0.0002 ^a	0.99
	S	3.99±0.240 ^a	0.207±0.006 ^b	- 0.004±0.0003 ^b	0.99
SF	D	5.38±0.644 ^a	0.270±0.015 ^a	- 0.005±0.0007 ^a	0.99
	S	5.75±0.152 ^a	0.239±0.004 ^b	- 0.006±0.0002 ^b	0.99
SFHP	D	2.66±0.217 ^b	0.140±0.005 ^a	- 0.008±0.0002 ^a	0.99
	S	4.04±0.437 ^a	0.076±0.010 ^b	+ 0.003±0.0005 ^b	0.99

HP, Hampshire; LP, Lana-pelo; PB, Pelibuey; SF, Suffolk; SFHP, Suffolk x Hampshire

Coeficientes de regresión para la misma raza y diferente tipo de nacimiento son estadísticamente diferentes a un $p \leq 0.05$.

Nota: los valores para los coeficientes de regresión representan el peso al nacer (kg, β_0), y ganancias de peso ($\text{g animal}^{-1} \text{d}^{-1}$, β_1 , β_2).

Independientemente del tipo de nacimiento, las corderas SF tuvieron el mayor peso al nacimiento. Las corderas HP y SFxHP de nacimiento simple registraron un peso al nacer similar a las corderas SF. Generalmente, las crías de parto simple son más pesadas que las de parto múltiple (Cloete *et al.*, 2007; Corner *et al.*, 2007). Las corderas PL pesaron menos al nacer, pero se les atribuye la ventaja de ser de partos múltiples.

3.5. Conclusiones

El perfil de crecimiento de corderas jóvenes de distinto genotipo y tipo de nacimiento, puede ser explicado por modelos de regresión cuadrática. Los coeficientes de regresión para las variables categóricas son útiles como evidencia estadística de las diferencias entre los modelos de crecimiento. Los modelos de regresión que predicen un alto peso al nacimiento, para las corderas, revelan altas tasas de crecimiento lineal hasta los 140 d de edad. El modelo de regresión cuadrático es una herramienta estadística útil para predecir las tasas de crecimiento de corderas del nacimiento a 200 d de edad.

3.6. Literatura citada

- Álvarez, R.J., M. Joy, D. Villalba, and A. Sanz. 2008. Growth analysis in light lambs raised under different management systems. *Small Ruminant Res.* 79:188-191.
- Bathaei, S.S., and L.L. Pascal. 1998. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian Fat-tailed sheep. *Small ruminant Res.* 29:261-269.
- Cloete, J.J.E., S.W.P. Cloete, J.J. Olivier, and L.C. Hoffman. 2007. Terminal crossbreeding of Dorper ewes to Ile de France, Merino Landsheep and SA Mutton Merino sires: Ewe production and lamb performance. *Small Ruminant Res.* 69:28-35.
- Corner, R.A., P.R. Kenyon, K.J. Stafford, D.M. West, and M.H. Oliver. 2007. The effect of mid-pregnancy shearing and litter size on lamb birth weight and postnatal plasma cortisol response. *Small Ruminant Res.* 73:115-121.
- García, E. 1988. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Editorial Offset Larios. pp:37-52
- Gbangboche, A.B., M. Adamou-Ndiaye, A.K.I. Youssao, F. Farnir, J. Detilleux, F.A. Abiola, and P.L. Leroy. 2006. Non-genetic factors affecting the reproduction performance, lamb growth and productivity indices of Djallonke sheep. *Small Ruminant Res.* 64:133-142.

- González, G., R., G. Torres H., y M. Castillo A. 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Vet. Méx.* 33:443-453.
- Haenlein, G.F.W., and M.A. Abdellatif. 2004. Trends in small ruminant husbandry and nutrition and specific reference to Egypt. *Small Ruminant Res.* 51:185-200.
- Hailu, D., G. Mieso, A. Nigatu, D. Fufa, and D. Gamada. 2006. The effect environmental factors on pre-weaning survival rate of Borona and Arsi-Bale kids. *Small Ruminant Res.* 66:291-294.
- Huisman, A.E., R.F. Verkamp, and J.A.M. Van Arendonk. 2002. Genetic parameters for various random regression models to describe the weight data of pigs. *J. Anim. Sci.* 80:575-582.
- Kaps, M., W.O.Herring, and W.R. Lamberson. 2000. Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationship with weaning weight in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1436-1442.
- Koyuncu, M., and S.K. Uzun. 2009. Growth performance of Karacabey Merino and Kivircik lambs under semi-intensive management in Turkey. *Small Ruminant Res.* 83:64-66.
- Lambe, N. R., E. A. Navajas, G. Simm, and L. Bünger. 2006: A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds. *J. Anim. Sci.* 84:2642-2654.
- Lewis, R.M., and S. Brotherstone. 2002. A genetic evaluation of growth in sheep using random regression techniques. *Anim. Sci.* 74:63-70.
- Littell, R.C., G.A. Miliken, W.W. Stroup, and R.D. Wolfinger. 2002. SAS. System for Mixed Models. Cary, NC.SAS Institute Inc. pp:461-488.
- Malhado, C.H.M., L.S. Carneiro P., A.M. Affonso P.R., A.O. Souza Jr. A., and L.R. Sarmiento J. 2009. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Ines. *Small Ruminant Res.* 84:16-21.
- Matika, O., J.B. van Wyk, G.J. Erasmus, and R.L. Baker. 2003. A description of growth, carcass and reproductive traits of Sabi sheep in Zimbabwe. *Small Ruminant Res.* 48:119-126.
- Maxa, J., E. Norberg, P. Berg, and J. Pedersen. 2007. Genetic parameters for growth traits and litter size in Danish Texel, Shropshire, Oxford Down and Suffolk. *Small Ruminant Res.* 68:312-317.

- Mignon-Grasteau, S., M. Piles, L. Varona, H. De Rochambeau, J.P. Poivey, A. Blasco, and C. Beaumont. 2000. Genetic analysis of growth curve parameters for male and female chickens resulting from selection on shape of growth curve. *J. Anim. Sci.* 78:2515:2524.
- Mokhatari, M.S., A. Rashidi, and Y. Mohammadi. 2008. Estimation of genetic parameters for pos-weaning traits of Kermani sheep. *Small Ruminant Res.* 80:22-27.
- Myers, H.R. 1989. Classical and modern regression with applications. Categorical variables. Second Ed. Duxbury Press. Belmont, California. pp:455-627.
- Neter, J., M.H. Kutner, Ch.J. Nachtsheim, and W. Wasserman, 1996. Applied Linear Statistical Models. No linear regression and categorical variables. Fourth edition. Mc. Graw Hill. pp:135-163.
- Pittroff, W., F. Dham, F. Blanc, D. Keisler, and T.C. Cartwright. 2008. Onset of puberty and the inflection point of the growth curve in sheep-Brody's Law revisited. *J. Agric. Sci.* 146:239–250.
- Rastogi, R.K. 2001. Production performance of Barbados Blackbelly sheep in Tobago, West Indies. *Small Ruminant Res.* 41:171-175.
- SAGARPA, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> consultado julio de 2009.
- SAS. 2003. The Analyst Application. Second Edition. Cary, NC. SAS Institute Inc. 2003.
- Topal, M., M. Ozdemir, V. Aksakal, N. Yildiz, and V. Dogru. 2004. Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs. *Small Ruminant Res.* 55:229-239.
- Zaragoza, R.J.L. 2005. An evaluation of stocker production systems based on Marshall ryegrass. Auburn University, Alabama. Thesis Dissertation, Ph.D. pp: 16-72.

CONCLUSIONES GENERALES

Para la cría de ovinos de la región nor-poniente del estado de Tlaxcala, el análisis de varianza detectó diferencias entre los municipios de estudio. El análisis de los aspectos sociales, productivos y económicos por técnicas multivariadas identificó a la tierra, el tamaño del rebaño y la cantidad de ovejas de cría como componentes clave de la producción de ovinos. Los sistemas de producción en la región nor-poniente del estado de Tlaxcala son de subsistencia y se agruparon con base al territorio, en sistemas de producción de ovinos-cereales y en sistemas de producción con uso múltiple de recursos. Los parámetros productivos de los corderos se relacionan con la adaptación al contexto socioeconómico, al genotipo del animal y al ambiente de la región, factores que se asocian con la alimentación, la época del año, la estación de partos y el tipo genético. Los corderos de lana tuvieron mejor comportamiento productivo del nacimiento al sacrificio. Los modelos de regresión cuadráticos aplicados al crecimiento de las corderas predicen con precisión las tasas de crecimiento y ayudan a identificar las diferencias en el potencial para crecimiento entre genotipos y tipo de nacimiento. El peso al nacimiento fue significativo en la tasa de crecimiento de las corderas hasta los 140 d de edad, independientemente del genotipo y tipo de parto. Algunos productores de ovinos de un municipio son similares a productores de otros municipios, pero también existen productores diferentes en un mismo municipio, indicando la conveniencia de diseñar estrategias de asistencia técnica y la organización de la producción según, el tamaño del rebaño, la parcela agrícola y el acceso de áreas de pastoreo, al ser los elementos del sistema que determinan la productividad y el nivel de ingresos en las unidades de producción estudiadas.