

METODOLOGÍAS Y APLICACIONES PARA LA PRODUCCIÓN GANADERA DEL TRÓPICO SECO EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO



JUVENCIO HERNANDEZ MARTINEZ
FRANCISCA AVILES NOVA
ROLANDO ROJO RUBIO

**METODOLOGÍAS Y APLICACIONES
PARA LA PRODUCCIÓN
GANADERA DEL TRÓPICO SECO
EN EL SUR DEL ESTADO
DE MÉXICO**

**Juvencio Hernández Martínez
Francisca Avilés Nova
Rolando Rojo Rubio**

METODOLOGÍAS Y APLICACIONES
PARA LA PRODUCCIÓN
GANADERA DEL TRÓPICO SECO
EN EL SUR DEL ESTADO
DE MÉXICO

Juvencio Hernández Martínez
Francisca Avilés Nova
Rolando Rojo Rubio



**Metodologías y aplicaciones para la producción ganadera
del trópico seco en el sur del Estado de México**

Juvenio Hernández Martínez, Francisca Avilés Nova
y Rolando Rojo Rubio

Primera edición: 15 de enero de 2014

D.R. © Ediciones Gernika, S.A.
Latacunga 801, Colonia Lindavista
07300 México, D.F. México
☎ y Fax: 5586 5262 y 5586 8324
Correo electrónico: edicionesgernika@prodigy.net.mx

ISBN: 978-607-9083-42-47

Cuidado de la edición
Ma. de los Ángeles González Callado

Diseño de la portada
Pedro Testas Bouzas

Composición y tipografía
Pilar Fandiño Ugalde

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta, del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la Ley Federal de Derechos de Autor y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables

Impreso y encuadernado en México
Printed and bound in Mexico

COMITÉ CIENTÍFICO

Dra. en C. Yolanda Sánchez Torres
del Área de Negocios Internacionales
de la Universidad Politécnica de Tulancingo

Dr. en C. Aníbal Terrones Cordero
del Instituto de Ciencias Económico Administrativas
de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)

Dr. en C. Orsohe Ramírez Abarca
del Centro Universitario UAEM Texcoco
de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

Dr. en C. V. Luis Brunett Pérez
y el Dr. en CARN Enrique Espinoza Ayala,
ambos del Centro Universitario UAEM Amecameca
de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Universitario UAEM Temascaltepec de la Universidad Autónoma del Estado de México, por las facilidades proporcionadas para la elaboración de este libro, especialmente al Dr. en C. Ed. Manuel Antonio Pérez Chávez, Encargado del Despacho de la Dirección de este espacio académico; así como por el apoyo financiero otorgado a través del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI-2011).

Al Comité Científico que revisó el contenido de los capítulos de este libro: Dra. en C. Yolanda Sánchez Torres, Dr. en C. Aníbal Terrones Cordero, Dr. en C. Orsohe Ramírez Abarca, Dr. en C.V. Luis Brunett Pérez y Dr. en CARN Enrique Espinoza Ayala.

CONTENIDO

Colaboradores	11
Prefacio	15
Parte I	
Metodologías y aplicaciones económicas en producción animal	
Aplicación de la teoría de la producción en investigación pecuaria <i>Samuel Rebollar-Rebollar, Juvencio Hernández-Martínez, Felipe de Jesús González-Razo, Germán Gómez-Tenorio</i>	19
Caracterización de unidades de producción de ganado bovino actuales en el municipio de Tlatlaya, Estado de México <i>Jovel Vences-Pérez, Benito Albarrán-Portillo, Samuel Rebollar-Rebollar, Anastacio García-Martínez</i>	37
Economía de la producción y de la comercialización de los ovinos en el sur del estado de México <i>Juvencio Hernández-Martínez, Samuel Rebollar-Rebollar, María Isabel Ortiz-Rivera, Eugenio Guzmán-Soria, Felipe de Jesús González-Razo</i>	59
La porcicultura en el sur del estado de México: un análisis de su estructura productiva y de mercadeo <i>Felipe de Jesús González-Razo, Samuel Rebollar-Rebollar, Juvencio Hernández-Martínez</i>	85
Los costos de producción y la comercialización del ganado bovino en el sur del Estado de México <i>Juvencio Hernández-Martínez, Samuel Rebollar-Rebollar, Eugenio Guzmán-Soria, Anibal Terrones Cordero y Alfredo Rebollar-Rebollar</i>	103

Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción caprina en el sur del Estado de México	133
<i>Ernesto Joel Dorantes-Coronado, Juvencio Hernández-Martínez, Samuel Rebollar- Rebollar, Rolando Rojo-Rubio</i>	
Metodologías integrales para el análisis de sistemas agropecuarios	151
<i>Anastacio García-Martínez, Ana María Olaizola-Tolosana y Alberto Bernúes-Jal</i>	

Parte II

Metodologías y aplicaciones productivas en ganadería

Uso de bloques nutricionales como complemento para ovinos en el Altiplano Central de México	197
<i>Paulina Vázquez-Mendoza, Anastacio García-Martínez, Juvencio Hernández-Martínez, Octavio Alonso Castelán-Ortega, Julieta Gertrudis Flores-Estrada, Francisca Avilés-Nova</i>	
Complementación energética en la actividad reproductiva de rumiantes	225
<i>Diego Jaramillo-Albiter, Rolando Rojo-Rubio, Rafael Cano Torres, Alejandro Salvador-Cáceres, José Fernando Vázquez-Armijo</i>	
Importancia de la suplementación mineral a rumiantes alimentados a base de forrajes	245
<i>Rolando Rojo-Rubio, José Fernando Vázquez-Armijo, F. Z. Salem-A., Germán David Mendoza-Martínez, Javier Arece-García, Ernesto Joel Dorantes-Coronado, Agustín Olmedo-Juárez</i>	
Mejoramiento de estrategias de alimentación de ganado productor de leche en el sur del Estado de México: técnica microhistología y su aplicación	283
<i>Felisa Sarai Jiménez-Peralta, Isela Guadalupe Salas-Reyes, Manuel González-Ronquillo, Antonia González-Embarcadero, Francisca Avilés-Nova, Benito Albarrán-Portillo</i>	

Colaboradores

Albarrán Portillo, Benito; Ph. D. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México 51300. MÉXICO. bapbap24@yahoo.com.mx

Arece García, Javier; Dr. Investigador. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey Central Española Republicana, Matanzas 44280. CUBA. javier.arece@indio.atenas.inf.cu

Avilés Nova, Francisca; Dra. Profesor Investigador de Tiempo Completo Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México Temascaltepec, México 51300. MÉXICO. franavilesnova@yahoo.com.mx

Bernúes Jal, Alberto; Dr. Investigador. Departamento de Industria e Innovación. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón Zaragoza 50059. ESPAÑA. abernues@unizar.es

Castelán Ortega, Octavio A.; Ph. D. Profesor Investigador de Tiempo Completo Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Piedras Blancas, México 50090. MÉXICO. oaco@uaemex.mx

Cano Torres, Rafael; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad Autónoma del Estado de México Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Piedras Blancas, México 50090. MÉXICO. rcanot@uaemex.mx

Dorantes Coronado, Ernesto Joel; Dr. Profesor de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Uni-

versidad Autónoma del Estado de México Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. ernestodorantesc@hotmail.com

Flores Estrada, Julieta Gertrudis; Dra. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales Universidad Autónoma del Estado de México. Piedras Blancas, México. 50090. MÉXICO. julis@uaemex.mx

González Embarcadero, Antonia; Dra. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad Autónoma Chapingo Departamento de Zootecnia Chapingo, México. 56230. MÉXICO aembarcadero@hotmail.com

García Martínez, Anastacio; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. agarciama@uaemex.mx

Gómez Tenorio, Germán; Dr. Profesor Investigador Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO.

González Razo, Felipe de Jesús; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec-Extensión Tejupilco. Universidad Autónoma del Estado de México Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. fegora24@yahoo.com.mx

González Ronquillo, Manuel; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Piedras Blancas, México. 50090. MÉXICO. mgr@uaemex.mx

Guzmán Soria, Eugenio; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Instituto Tecnológico de Celaya. Departamento de Ciencias Económico Administrativas Celaya, Guanajuato. 38010. MÉXICO. eugenio@itc.mx

Hernández Martínez, Juvencio; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascalte-

pec. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. jh_martinez1214@yahoo.com.mx

Jaramillo Albiter, Diego; I. A. Z. Estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. dck_mix@hotmail.com

Jiménez Peralta, Felisa Saraí; I. A. Z. Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Centro Universitario UAEM Temascaltepec Universidad Autónoma del Estado de México Temascaltepec, México 51300 MÉXICO sarajimper@hotmail.com

Mendoza Martínez, Germán D.; Ph. D. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Producción Agrícola y Animal. México, D. F. 04960. MÉXICO. gmendoza@correo.xoc.uam.mx

Olaizola Tolosana, Ana María; Dra. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. Zaragoza. 50013. ESPAÑA. olaizola@unizar.es

Olmedo Juárez, Agustín; M. en C., Estudiante del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. aolmedoj@yahoo.com.mx

Ortiz Rivera, María I.; L. en Admón. Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro Universitario UAEM Temascaltepec Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. orisma_7@yahoo.com.mx

Rebollar Rebollar, Alfredo; Maestro en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México, Temascaltepec, México, 51300. MÉXICO. rebollar77@hotmail.com

Rebollar Rebollar, Samuel; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. srebollarr@uaemex.mx

Rojo Rubio, Rolando; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. dr_rojo70@yahoo.com.mx

Salas Reyes, Isela Guadalupe; I. A. Z. Estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. Iselasalas57@yahoo.com.mx

Salem, Abdel-Fattah Zeidan M.; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Piedras Blancas, México. 50090. MÉXICO. asalem70@yahoo.com

Terrones Cordero Aníbal; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Instituto de Ciencias Económico Administrativas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. MÉXICO. aterrones68@hotmail.com

Vázquez Armijo, José Fernando; Dr. Profesor Investigador de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. México. jfvazqueza@uaemex.mx

Vazquez Mendoza, Paulina; M. en C. Estudiante del Programa de Ganadería. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 56230. MÉXICO.

Vences Pérez, Jovel; I. A. Z. Estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro Universitario UAEM Temascaltepec Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec, México. 51300. MÉXICO. venjo-ven17@yahoo.com.mx

PREFACIO

El desarrollo competitivo del sector agropecuario deberá basarse en la investigación y su aplicación práctica, que es una premisa fundamental para la generación e innovación de tecnologías, ello para hacerle frente a la realidad y exigencias actuales de la globalización. En México, la investigación agropecuaria ha desempeñado un papel fundamental en la seguridad alimentaria y en el desarrollo agrícola desde los años sesenta con la llamada “Revolución Verde” la cual presentó progresos importantes en el rendimiento de los cultivos básicos como el maíz y el trigo, entre otros. La “Revolución Verde”, sin duda resolvió de manera súbita el problema mundial de alimentos, sin embargo, dejó consecuencias para la economía y efectos ambientales. En la actualidad, los escasos recursos económicos, la desigualdad económica creciente y el deterioro o pérdida de los recursos naturales, el incremento en la población demográfica con cada vez mayor exigencia de alimentos, han ocasionado el agotamiento de los recursos productivos y por ende la productividad; en consecuencia la investigación agropecuaria deberá desarrollarse bajo el enfoque práctico y sustentable, que enfrente estos retos, y responda a la solución de los problemas alimentarios, de la pobreza y de la degradación de recursos ambientales. La investigación científica básica deberá trascender a la aplicación empírica o práctica, enfatizando siempre en la búsqueda de la aplicación o utilización de los conocimientos que resuelvan los problemas reales de la sociedad.

El Centro Universitario UAEM Temascaltepec refuerza su compromiso con la sociedad de la región Sur del Estado de México, a través de las actividades de vinculación con los sectores productivos y sociales para impulsar el desarrollo económico y social, promoviendo además las actividades de extensión y difusión de la ciencia. La vinculación y la extensión deben entenderse como la salida de transferencia de saberes teórico prácticos adquiridos en los espacios universitarios hacia los diferentes ámbitos de la sociedad que lo demanden, en una lógica de retroalimentación donde los diversos sectores se vean beneficiados por los programas de vinculación social y productiva.

Por lo anterior, el Cuerpo Académico en Sistemas de Producción y Recursos Naturales (CASPAREN) del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, elaboró el presente libro titulado “Metodologías y aplicaciones para la producción ganadera del trópico seco en el Sur del Estado de México”; el cual está estructurado en dos partes: la primera se titula “Metodologías y aplicaciones económicas en producción animal”, y la segunda se denomina “Metodologías y aplicaciones productivas en ganadería”. El contenido constituye una colección de diversos trabajos de investigación que, por más de seis años, ha realizado el CASPAREN en el sector agropecuario en la región Sur del Estado de México, el contenido del libro tiene como objetivo analizar la problemática agropecuaria y plantear soluciones endógenas en este sector productivo.

La primera parte del libro se agrupa en siete capítulos; en esta se incorporan trabajos que van desde las diversas metodologías y aplicaciones económicas de la teoría de la producción animal, caracterización de las unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya, Estado de México, a través del enfoque de sistemas, y la caracterización socioeconómica de los sistemas de producción caprina en los Municipios de Amatepec y Tejupilco del Sur del Estado de México. En otros temas, también se incluyen el análisis de la producción y de la comercialización de ovinos, porcinos y bovinos y el cálculo de márgenes de comercialización en el Sur del Estado de México; en el caso de bovinos, se incluye un análisis de costos de engorda en corral, en el que se utiliza la metodología de la Matriz de Análisis de Política (MAP); finalmente se hace una discusión sobre diversas metodologías integrales para el análisis de los sistemas de producción agropecuaria.

La segunda parte de este libro está conformada por cuatro capítulos; se inicia con la discusión del comportamiento productivo de ovinos utilizando bloques nutricionales como complemento en pastoreo y en confinamiento en el Altiplano Central de México; posteriormente, se trata el tema de la complementación energética en la actividad reproductiva de rumiantes, como estrategias prioritarias de alimentación para mejorar el bienestar de los animales, así como, aumentar su actividad productiva y reproductiva. En esta parte también se incluye un trabajo sobre la suplementación mineral a rumiantes alimentados a base de forrajes. Y se finaliza con los avances de la investigación sobre el mejoramiento de estrategias de alimentación de ganado productor de leche en el Municipio de Zacazonapan, Estado de México, a través de la técnica de microhistología vegetal para la determinación de la composición de la dieta de ganado en pastoreo.

Esperamos que esta publicación sea de interés para los lectores y que contribuya a generar propuestas para mejorar el entendimiento de la problemática rural e incrementar la calidad de vida los productores del campo de la región y en general de la población del país.

JUVENCIO HERNÁNDEZ MARTÍNEZ
FRANCISCA AVILÉS NOVA
ROLANDO ROJO RUBIO
(COORDINADORES Y AUTORES)



Parte I

Metodologías y aplicaciones económicas en producción animal



APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LA PRODUCCIÓN EN INVESTIGACIÓN PECUARIA

SAMUEL REBOLLAR-REBOLLAR,^{1*} JUVENCIO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ,¹
FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ-RAZO,¹ GERMÁN GÓMEZ-TENORIO¹

INTRODUCCIÓN

En México la actividad pecuaria que engloba aves, porcinos, bovinos carne y leche, ovinos y caprinos, principalmente, no sin descuidar la pesca y aves productoras de huevo; conserva una gran relevancia en el contexto socioeconómico del país, ya que en conjunto, con el resto del sector primario, significa sustento para el desarrollo nacional, al proporcionar alimentos y materias primas, divisas, empleos, además de que distribuye con ingresos en el sector rural (SAGARPA, 2004).

Dentro del subsector de ganadería, la producción de carne de bovino es la actividad productiva más diseminada en el medio rural. En México, esta actividad se desarrolla en aproximadamente 110 millones de hectáreas representando aproximadamente 60% de la superficie nacional, en la que los sistemas de producción van desde los más altamente tecnificados e integrados hasta los tradicionales, realizándose, sin acepción, en todas las zonas del país y aún en condiciones adversas de clima que no permiten la práctica de otras actividades productivas, la producción de carne de bovino se ha mantenido como el eje en torno al cual se establecen diferentes tendencias de producción y el propio mercado de carnes en México, el volumen nacional anual de carne representa poco más de 1.7 millones de toneladas, superado solo por la carne de ave (Ruiz *et al.*, 2004; FIRA, 2011). Los principales productores mundiales son Estados Unidos, Unión Europea, Brasil y China; México ocupa la posición ocho (FIRA, 2011).

1 Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México; Km 67.5 Carr. Fed. Toluca-Tejupilco, 51300, Temascaltepec, México, MÉXICO. *Autor para correspondencia

Por su parte, en el subsector de la porcicultura, de 2003 a 2009 la producción de carne de cerdo no cambió sostenidamente en México, pues la tasa media anual de crecimiento (TMAC) fue 2.06%, pero en 2009 el crecimiento fue 2.08%. En 2010 el volumen de producción porcícola fue 1.5 millones tons y, Sonora (19.1%), Jalisco (18.2%), Puebla (9.4%), Guanajuato (9.4%) y Yucatán (8.5%), aportaron 64.6% del total nacional (SIAP, 2011). Además, de 2003 a 2009, las importaciones de carne en canal pasaron de 171.7 a 274.9 miles tons, con una TMAC de 8.2%, y representaron 18.3% del consumo nacional aparente (CNA) del 2009; en tanto, las exportaciones aumentaron de 1.4 en 2003 a 1.8 miles tons en 2009, a una TMAC de 4.3 (FAO, 2011).

En el periodo que se menciona (2003-2009), el CNA de carne de cerdo creció a una TMAC de 3.1% y presentó mayor dinamismo que la producción nacional (2,1%). En 2003 el volumen nacional de carne de cerdo representó 86.7% del CNA y en 2009 83.3%, lo que significó mayor dependencia de importaciones debido, principalmente, a un estancamiento en la producción nacional en el periodo analizado (FAO, 2011).

En adición, de 2002 a 2009, el sector porcícola presentó importantes cambios en su estructura productiva, lo cual significó la consolidación de su oferta basada en su alto nivel nutritivo y estándares de calidad. Al respecto, debido al avance tecnológico en la carne de cerdo se redujo 31% el contenido de grasa, 14% las calorías y 10% el colesterol. De los lípidos en la carne de cerdo, 70% son deseables, es decir, son ácidos grasos no saturados y la proteína es rica en ácido linoleico, que neutraliza los efectos negativos de grasas saturadas o indeseables (Cabello, 2009b).

De 2000 a 2009 la estructura de la actividad porcícola ha cambiado en varios países. En México, granjas pequeñas y diversificadas que utilizaban subproductos agrícolas para la alimentación del ganado porcino, se concentraron en unidades especializadas en producción de alto rendimiento. En estas empresas se generaron nuevas competencias para cría, desarrollo y engorda para cumplir con estándares de calidad y la pericia logística requeridos para exportar a Japón (Cabello, 2009a).

Durante 2005-2009, el consumo per cápita mostró un crecimiento de 10% para la carne de pollo, 2% para la de cerdo y una disminución de 11% para la de res. En 2009, el consumo per cápita de carne de pollo, cerdo y res fue 29.6, 16.8 y 15.0 kg, en tanto que el CNA de carne de pollo, cerdo y res fue 3.3, 1.8 y 1.9 millones tns, de las que 15% correspondieron a importaciones de carne de pollo, 16.7% a carne de cerdo y 13.5% a carne de res (Almanza, 2010).

Las zonas ganaderas de México se derivan principalmente de la ecología de los lugares, ya que este país posee una gran diversidad de suelos, topografías y climas, extendiéndose desde las zonas áridas y semiáridas del norte, hasta las regiones tropicales del Golfo y la Península de Yucatán. Por las características climáticas y la relación suelo-planta-animal, la geografía mexicana ha sido dividida en regiones árida y semiárida, templada, tropical seca y tropical (FIRA, 2011).

Propiamente, dentro del estado de México, la región sur oriente (Temascaltepec, San Simón de Guerrero, Tejupilco, Luvianos y Amatepec; se caracteriza por tener vocación pecuaria, cuyas especies de importancia son: bovinos doble propósito, caprinos, ovinos y porcinos. En esa región Sur del Estado de México, la producción de ganado bovino de carne consta de 7.3 millones de cabezas y contribuye con cerca de 229 mil toneladas (t) de carne a la producción nacional (SAGARPA, 2006). Lo bovinos carne se producen bajo dos sistemas de producción, el primero, que es la forma más generalizada, ocurre bajo el sistema vaca-becerro en forma semi-extensiva, a través de la engorda en pastizales nativos, complementado con dietas balanceadas, y el segundo se refiere a sistemas de producción de ganado engordado en sistemas intensivos, en donde al ganado se le alimenta a base de mezclas (dietas) y alimento concentrado y en corral, donde el periodo de engorda dura generalmente 90 días, la genética del hato está compuesta por animales criollos cruzados con cebuños y razas europeas, de las que sobresalen Suizo Pardo, Angus y Beefmaster (SAGARPA, 2004).

Así, bajo el concepto de economía de la producción, un aspecto importante para determinar la función de producción (relación insumo-producto) óptima en bovinos carne, porcinos en canal y en cortes primarios secundarios y terciarios, así como en ovinos en corral; es determinar la eficiencia del uso de sus recursos, que agregarán valor al producto finalizado ya que de esto dependerá el grado de eficiencia técnica y económica, de hecho, el resultado de la función de producción lo proporcionan los niveles óptimo técnico y óptimo económico.

El interés de este trabajo es presentar experiencias del uso de la teoría de la producción, en particular, funciones de producción, obtenidas en especies pecuarias: ovinos, cerdos en canal y en cortes, así como en bovinos carne en corral, a fin de conocer el manejo de esas unidades productivas, en el aspecto técnico y económico, pues estos aspectos juegan un papel clave para lograr la eficiencia y la optimización en el uso de los insumos (recursos), que permiten mejorar la producción de carne, verificando que bajo tal método son más controlables todos los costos. Con ello, se generan nuevas expectativas y retos productivos que podrían aumentar la produc-

tividad a menores costos de producción, y que cubran la calidad que exige el consumidor.

Por lo que el productor podría aumentar su productividad conociendo el nivel de utilización de los recursos e insumos utilizados en el proceso de producción e incrementar su competitividad, márgenes de producción y de ganancia (Rebollar *et al.*, 2008 a y b). Para lo cual se pretende utilizar el concepto de función de producción, como parte de la teoría microeconómica de la producción, como un instrumento de medición en la optimización técnica y económica. Una función de producción es una relación funcional (insumo-producto) de la combinación de insumos para obtener un nivel de producción. Para ello, la metodología a utilizar abre un amplio campo de análisis para generar datos y recomendaciones técnico económicas de gran utilidad para productores que se interesen en conocer tal instrumental. Bajo las condiciones planteadas, el objetivo de la presente investigación consistirá en realizar un análisis de los niveles de optimización técnica y económica que permitan indicar la mayor eficiencia en la ganancia de peso carne por unidad de tiempo y de alimento consumido por ovinos, cerdos y bovinos y, valorar los cambios en la producción al modificar las cantidades de los insumos. Lo anterior como experiencias obtenidas en el Sur del Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados aquí presentados, se desarrollaron con información de productores del Sur del Estado de México, además de la obtención de datos bajo situaciones experimentales (solo en el caso de ovinos Pelibuey).

Los productores del Sur del Estado de México no establecen un plan de ventas de su ganado en relación con el peso, si no que los comercializan en relación con los pesos que exigen los compradores, o de acuerdo a la disponibilidad en el uso de sus infraestructuras a fin de evitarse problemas en el manejo de su ganado (Rebollar *et al.* 2008). Por lo cual, la identificación de la función de producción más adecuada para productores de ganado, brinda un factor importante sobre, la pertinencia del sistema de producción bajo el cual se produjo, ello permite visualizar a los ganaderos la importancia de implementar cambios estructurales en sus esquemas de producción, con lo que los productores, puedan lograr mejores expectativas de desarrollo y crecimiento, además que desarrollen sistemas de producción sustentables que les permita aprovechar, de manera continua, oportunidades comerciales en el mercado, les ayude, a su vez, a alcanzar la optimización

de sus recursos, logrando así el objetivo principal que es la optimización técnica-económica en la producción.

Para lograr el objetivo es necesario que la función de producción para este tipo de especies pecuarias, sea la más adecuada o mejor ajustada (en términos econométricos), en donde se valoren todos los cambios en el sistema de producción elegido, logrando así mejores expectativas técnicas y de desarrollo productivo que podría garantizar mejores ganancias por sus inversiones.

En todas las funciones de respuesta que se presentan en este documento, la variable dependiente fue el peso de los animales y la independiente el consumo de alimento por periodo de tiempo; excepto que en el modelo de cortes de carne en canal de cerdo, las variables independientes expresan el efecto o punto de producción y de venta relacionadas al peso que debería tener una canal.

Primero, se presentan dos modelos no lineales estimados, que expresan la función de respuesta de ovinos Pelibuey engordados en corral y con una dieta basada en frijolina. Después, los óptimos económicos de cerdos híbridos (PIC 406 x 23) *in vivo*, de una granja de Temascaltepec, Estado de México, posteriormente, los niveles óptimo técnico y óptimo económico de bovinos carne finalizados en corral y por último, tres funciones de respuesta de cortes primarios, secundarios y terciarios sobre el canal en cerdo híbridos (PIC 406 x 23). Todos los modelos estadísticos se ajustaron a funciones de producción no lineales y los resultados se obtuvieron con el GLM de SAS en su versión Windows 2009.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de resultados se realizó con base en la Teoría de la Producción (Nicholson, 2007; Mankiw, 2007; Leroy y Meiners, 1990), donde se afirma que el nivel óptimo técnico (NOT), es aquel que se obtiene en el punto más alto, punto de inflexión, de la curva de la función de producción. En ese punto, la primera derivada de la función se iguala a cero, en consecuencia, la pendiente puntual es cero. El *NOT* se conoce también como punto de máxima producción y donde la variable dependiente alcanza su valor más alto, no habiendo otro valor de X (la variable independiente) que supere o rebase dicho valor. El NOT no es punto de maximización de ganancias, solo representa el máximo valor que puede producir la utilización del insumo variable y su efecto sobre la variable de respuesta. Por tanto, la función de producción, solo tiene efecto en el corto plazo, periodo de tiempo en el que al menos un insumo, de todos, es fijo. En adición, el nivel óptimo económico

(NOE), es un punto de optimización donde sí es importante conocer el valor del insumo variable que representa la obtención de la máxima ganancia en dinero.

Aquí, no es importante determinar el valor más alto de la variable dependiente. El punto del NOE se localiza dentro de la curvatura del gráfico, poco antes del NOT, en lo que se llama etapa II de la función de producción (Ver Nicholson, 2007). El valor de X que representa el NOE se obtiene al igualar la primera derivada de la función de producción a la relación de precios del insumo y del producto, por así llamarle X y Y. En cada óptimo se obtiene un nivel de ganancia, solo que al NOE esta es mayor que al NOT, de ahí que también por eso sea la etapa rentable de producción (Nicholson, 2007).

Así pues, el primer caso que se analiza es el de un diseño en bloques al azar. Se utilizaron 24 corderos Pelibuey engordados en corraletas individuales, con cuatro niveles de inclusión de frijolina en una dieta integral. Se probaron dos modelos estadísticos, en el primero se analizó el efecto de la ganancia de peso (P) en función al alimento (A) y, el segundo la ganancia de peso en función al número de semanas (SEM) de engorda. Los modelos estimados fueron:

$$\begin{array}{rclclcl}
 P & = & 2.4044 & + & 0.664A & - & 0.00309A^2 \\
 & & (6.063) & & (0.219) & & (0.0019) \\
 P & = & 19.471 & + & 1.6573SEM & - & 0.024166SEM^2 \\
 & & (0.6169) & & (0.0513) & & (0.0008)
 \end{array}$$

Los dos modelos presentaron significancia estadística (ANDEVA; $p < 0.01$) y se ajustaron a funciones de producción con rendimientos marginales decrecientes, por tanto, pueden deducirse los niveles óptimo técnico y óptimo económico. Para el ^{NOE} se utilizó como precio del insumo variable, considerado como el alimento, de 1.99 \$/kg de alimento y 24 \$/kg de peso *in vivo* a la venta de cada ovino. Los ingredientes utilizados y composición química de la dieta (véase cuadro 1) que se asignó a los ovinos durante el periodo experimental, permitieron demostrar que durante el tiempo de alimentación, no fue suficiente con que los animales obtuvieran el máximo peso para obtener la máxima ganancia en dinero, por el contrario, a un peso menor (NOE) la ganancia estimada fue mayor lo que constituyó una recomendación técnico económica en caso de haber tomado la decisión de venta.

Así, bajo las condiciones que se plantean, el máximo peso del animal, no necesariamente se traduce en mayores beneficios, al contrario, se encontró que la soya y la frijolina tuvieron el mismo efecto en la ganancia de peso de los ovinos, la diferencia fue que la frijolina tuvo un costo menor que la soya, lo que repercutió en un costo de producción inferior (véase cua-

dro 2). Bajo el experimento en cuestión, a un peso menor de los ovinos, con relación al NOT, la ganancia fue mayor, ello permite afirmar que el máximo peso del animal no implica la obtención de la máxima ganancia.

Con relación al modelo de óptimos económicos de cerdos *in vivo*, la información se obtuvo durante 2004, de una granja semi-tecnificada ubicada en Temascaltepec, estado de México. La granja es de ciclo completo, produce y engorda lechones para venderlos en el mercado local. Las cerdas fueron híbridas Yorkshire x Landrace y sementales Pietrain x Duroc. La alimentación fue con base a la etapa de crecimiento de los animales (gestación, lactación, preiniciación, iniciación, crecimiento y finalización. La integración y proceso de información consideró un paquete de alimento con un peso de 10 kilogramos (kg) como unidad de insumo variable.

Para la base de datos en cuestión, se consideró el modelo:

$$P = \beta_0 + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + \varepsilon$$

Donde P = Peso del cerdo en kg; a = unidades de alimento utilizado; β_i , para $i = 1, 2$, coeficiente de regresión.

La función de producción estimada fue:

$$P = -11.6496 + 4.7246a - 0.0321a^2$$

(-36.97) (324.03) (-209.59)

La $F_c = 99,999$ que expresa una alta significancia estadística (ANDEVA $p < 0.05$). Por su parte la bondad de ajuste fue 99.9% y el Durbin-Watson de 2.19 que indica ausencia de correlación entre las variables. En adición, los cambios en la variable dependiente e independientes son del mismo orden de magnitud (Rebollar *et al.*, 2008), por tanto, no existe evidencia de heterocedasticidad. De acuerdo al modelo estimado, en los cerdos cuando estos consumen una unidad de alimento adicional, su peso actual corresponde al anterior más la nueva ganancia de peso. De acuerdo con la teoría económica, el signo negativo que antecede al parámetro a^2 indica la presencia de una función de producción con rendimientos marginales decrecientes; en consecuencia, la añadidura progresiva de factores productivos conducen a incrementos cada vez menores en el peso del animal, hasta llegar a un punto (en la gráfica en cuestión) a partir del cual este empieza a decrecer, situación que conduce al proceso productivo a una situación en la que ya ni siquiera es rentable continuar en la producción. En este sentido, la función estimada cumple con las características de la curva de una función de producción: presenta diferentes rendimientos a lo largo de la misma, presenta tres etapas definidas en términos de la utilización del insumo va-

Cuadro 1
Inclusión de ingredientes (% BS) y composición química
de la dieta en ovinos en corral

Ingrediente	Testigo	T1	T2	T3
Maíz	66.00	52.00	41.00	46.00
Soya	13.00	5.00	0.00	0.00
Frijolina	0.00	10.00	20.00	30.00
Salvado	15.00	15.00	14.00	0.00
Premezcla de vitaminas y minerales	6.00	6.00	5.00	4.00
Nutriente				
Proteína cruda (%)	13.50	13.50	13.50	13.50
Proteína no degradable en rumen (%)	4.27	4.51	4.75	4.99
Energía neta para mantenimiento (Mcal kg-1 MS)	1.74	1.73	1.72	1.71
Energía neta para ganancia de peso (Mcal kg-1 MS)	1.13	1.12	1.11	1.1
Calcio (%)	0.72	0.73	0.73	0.73
Fósforo (%)	0.64	0.66	0.68	0.70

riable, la concavidad de la misma permite la obtención de los NOT y NOE, la elasticidad de la producción es distinta a cada etapa, entre otras (Pindyck y Rubinfeld, 1998).

Por tanto, en la obtención de los óptimos económicos, como precio del insumo variable alimento y precio del producto (\$/kg de cerdo *in vivo*) se utilizó \$25.4 y \$16.0. Al realizar la operación matemática necesaria (Doll y Orazem, 1984), para obtener los respectivos valores tanto del insumo variable como del producto y determinar los NOT y NOE, se determinó el peso máximo que alcanzó el animal y el peso económico que representó la máxima ganancia en dinero (véase cuadro 3), en el caso de que se hubiese optado por vender el animal a ese nivel de peso. Al NOE el peso del animal es menor con relación al NOT, Sin embargo, la ganancia más alta se obtiene al NOE; por ello, no tiene sentido para algún productor, tratar de que el animal alcance un mayor peso, pues tal decisión no implica ganar más dinero en la venta del animal. Otro aspecto importante a considerar es el peso de cerdos que los obradores regionales consideran al momento de la compra *in vivo*. De hecho, el modelo estimado permite generar una base de datos en la que basta con llevar un histórico de precios del insumo

Cuadro 2
Comparación de ganancias monetarias a diferentes niveles de insumo variable en ovinos alimentados en corral

Variable	Nivel	Valor de X	Peso (kg) (Y)	IT (\$)	CT (\$)	G (\$)
A	NOT	107.46	38.10	914.40	196.11	718.29
	NOE	95.10	37.60	902.40	173.65	728.75
SEM	NOT	34.30	47.90	1,146.60	1.99	1,144.61
	NOE	34.26	47.88	1,149.24	1.11	1,148.13

IT = Ingreso Total. CT = Costo Total. G = Ganancia.

y del producto, para determinar el peso del animal a la venta y, lograr así mejor ganancia de la comercialización. Finalmente, por los resultados que se obtuvieron en esta investigación, no deben venderse animales menores a 66.79 kg de peso ni mayores a 162.17.

Cuando el costo del insumo variable es bajo, con relación al precio de venta del cerdo, la máxima ganancia podría obtenerse vendiendo los animales más pesados (cercano al NOT), y, viceversa, si el precio del insumo variables es alto, la máxima ganancia se obtendría cuando el peso del cerdo sea próximo a 66.79 kg.

Con relación a los óptimos económicos (NOT y NOE) en bovinos carne en engordados en corral, se utilizó información de consumo de alimento, producto de un dieta promedio utilizada en la región y ganancia semanal de peso de animales, a entrada en corral, con un peso vivo inicial (PVI) de 290 ± 13 kg y finalizados a un peso vivo final (PVF) requerido por el mercado de 520 ± 18 kg. La información provino de 10 animales Criollo x Charoláis, alimentados durante 13 semanas (mayo-junio de 2009) en una Unidad de Producción ubicada en Tejupilco, estado de México. Los animales estuvieron cinco días en corral como periodo de adaptación, previos al ciclo de engorda, además se les aplicó desparasitante y se vacunaron, debido a que provinieron de un sistema de producción diferente al corral, después se les asignó *ad limitum*, agua y alimento, este último en cantidades que no rebasaran los 12 kg/animal/día.

La mezcla de alimento balanceado (NRC, 2001) que se utilizó durante todo el ciclo de engorda (cuadro 4), se preparó por el propietario del hato, previa adquisición de insumos principales en la cabecera municipal de Tejupilco, la cantidad y costo de la mezcla fue a nivel de tonelada.

Los datos de consumo de alimento y ganancia de peso, por semana, se utilizaron para estimar aquella función de producción que mejor se ajustara a la Teoría Económica, para ello, el modelo propuesto fue el siguiente:

$$Y = \alpha + \beta_1 A_{i1} + \beta_2 A_{i2}^2 + \beta_3 A_{i3}^3 + \varepsilon_i$$

Donde:

Y = Peso del animal (variable dependiente), en kilogramos.

α = intercepto de la función.

β_i = Estimadores de la función, para $i = 1, 2, 3$.

A = Alimento, en kilogramos.

ε = Término de error estadístico, estocástico o aleatorio.

El modelo se estimó a través del procedimiento GLM (proc glm) del paquete estadístico SAS (Sistemas de Análisis Estadístico).

Finalmente, los resultados de costos de producción, consideraron aquellos gastos que el engordador realizó cuando el bovino alcanzó el nivel óptimo técnico (OT) o máximo peso, y luego se compararon, proporcionalmente, con aquellos gastos que el engordador haría si vendiera sus animales al peso referente al nivel del óptimo económico (OE) o de máxima ganancia en dinero, tal comparación puede leerse en Posadas *et al.* (2011).

El peso promedio de los bovinos, al finalizar el día siete de la primera semana fue 295 kg y 491.6 kg al día 119 de la última semana. Los datos se consideraron hasta este último valor debido a que en semanas posteriores, la ganancia de peso fue decreciente e implicó la etapa III de la producción (Doll y Orazem, 1984).

Por tanto, con la información en cuestión, el modelo que se estimó (Fc 157.42; $P < 0.05$) fue:

$$Y = 289.9458 - 33.0615A + 0.8220A^2 - 0.0048A^3$$

(11.2363) (4.99) (0.1302) (0.00084)

Los datos se ajustaron, estadísticamente, a una función de producción cúbica, con rendimientos marginales decrecientes. El signo negativo del factor cúbico, permite derivar los NOT y NOE (Gujarati, 2004). Los valores entre paréntesis significan los errores estándar de los estimadores del modelo, que al multiplicarlos por dos, el producto resultante es menor que el valor del estimador, lo que da garantía de significancia estadística en cada estimador (Gujarati, 2004). Por tanto, de acuerdo con Rebollar *et al.* (2008a, 2008b), el óptimo técnico o máximo peso *in vivo* de bovinos carne, se logró al momento en que estos llegaron a un PVF de 479.41 kg, con un consumo promedio de de mezcla de alimento/semana de 88.1 kg, resultado

Cuadro 3
Comparación de pesos y ganancias monetarias
al NOT y NOE en cerdos

Variable	Nivel	Valor de a (kg)	Peso (kg) (Y)	IT (\$)	CT (\$)	G (\$)
A	NOT	74	162.17	2,594.72	1,879.60	715.12
	NOE	49	142.77	2,274.72	1,246.60	1,028.12

dato por el modelo; esto es, 1 170.47 kg de alimento en todo el proceso. Así, al realizar el cálculo apropiado (Rebollar *et al.*, 2008a) para obtener el NOE, se dedujo que el punto de máxima ganancia en dinero, para el engordador, se habría logrado cuando el animal alcanzara 461.92 kg de peso y consumiera 86.53 kg de alimento por semana, esto es, 974.20 kg de alimento en todo el proceso.

En la determinación del NOT y NOE, para demostrar que al NOE la ganancia en dinero fue mayor que al NOT, se consideró como precio del producto (Py) \$ 20/kg *in vivo* a la venta y como precio de la unidad de insumo variable (Px) de 2.67 \$/kg. La comparación tanto del ingreso total, costo total y ganancia se presenta en el cuadro (5). Adicionalmente, una vez desglosados los costos, la ganancia estimada por kilogramo de peso *in vivo*, de haberse vendido la unidad animal, fue mayor al NOE que al NOT. Por tanto, de prevalecer las condiciones planteadas en la investigación y con solo actualizar el precio del insumo variable y del producto, al engordador no le conviene tratar de llevar al animal al máximo peso posible.

En el modelo de óptimos económicos aplicado a cortes (primarios, secundarios y terciarios) de carne en canal de cerdo, se utilizó información del peso de canales calientes, de cortes primarios, secundarios y terciarios, proveniente de tres carnicerías seleccionadas por intención (Cochran, 1984), una ubicada en Valle de Bravo y dos en Tejupilco, ambos pertenecientes al Estado de México. Los datos se obtuvieron de 50 cerdos híbridos (PIC 406 x 23) (PV 98,6 ± 7,2 kg, edad 150 ± 5 d) sacrificados en el Rastro Municipal de cada municipio por cada una de las carnicerías, de febrero a junio de 2012. El valor del peso de la canal y de los tres cortes se obtuvo por animal sacrificado. El peso de cortes primarios incluyó la suma de lomo, costillas, piernas y espaldillas; los cortes secundarios, espinazo y codillo o chamorro; y los cortes terciarios, cabeza, patas y cuero, por cada cerdo. Para lo anterior, se utilizó una báscula de precisión (Ohaus®), con error de 20 g.

A continuación se desglosan conceptos que se utilizaron en el análisis de resultados.

Cuadro 4

Composición de la dieta de alimento para bovinos carne en Tejupilco, estado de México

Ingrediente	Presentación	Cantidad (kg)	Costo (\$/kg)	Costo de dieta (\$/kg)	Costo total (\$/t)
Mazorca molida	Molida	476.19	2.80	1.32	1323.75
Sorgo	Molido	119.05	3.00	0.35	347.56
Salvado	Molido	119.05	2.75	0.32	317.80
Pollinaza	Original	119.05	1.70	0.19	192.80
Zacate	Molido	119.05	1.80	0.20	204.71
Soya	Molido	23.81	6.37	0.14	142.09
Sales minerales	Saltec	23.81	6.50	0.15	145.18
Total		1 000.00	24.92	2.67	2 673.89

Canal de cerdo

Es el cuerpo entero del animal sacrificado tal y como se presenta después de las operaciones de sangrado, eviscerado y desollado, entero o seccionado por la mitad, sin lengua, cerdas, pezuñas, órganos genitales, manteca, riñones ni diafragma. Esta definición es también la de SAGARPA en México, a través de la Norma Oficial Mexicana: NMX-FF 081, 2003 (DOF, 2011).

Rendimiento de la canal

Se entiende como la relación entre el peso de la canal y el peso vivo expresado en porcentaje. La NMX 081 menciona que el rendimiento en canal es la proporción del peso de ésta expresada en porcentaje, respecto al peso vivo (PV). Se puede calcular en referencia a la canal caliente o en frío (determinado el porcentaje de la merma de la canal en frío).

Cortes primarios: piernas, espaldillas, lomos, cabezas de lomo, costillas, falda o tocino.

Cortes secundarios: espinazo y codillo o chamorro.

Cortes terciarios: cabeza, patas y cuero (DOF, 2011).

La información de cortes primarios, secundarios y terciarios se ajustaron, por separado, a modelos estadísticos con grado de la variable distinto (modelos uniecuacionales) y conformaron la variable independiente en cada uno de ellos. La variable dependiente, para los tres modelos, fue el peso de la

canal. La meta fue encontrar aquel modelo que mejor se ajustara a una función de producción con rendimientos marginales decrecientes y, determinar los niveles óptimo técnico (NOT) y óptimo económico (NOE) a nivel de cortes primarios, secundarios y terciarios. Los modelos propuestos fueron:

$$Y = \alpha + \beta_0 X + \beta_1 X^2 + \beta_2 X^3 + \varepsilon_i$$

$$Y = \alpha + \beta_0 X_1 + \beta_1 X_1^2 + \varepsilon_i$$

$$Y = \alpha + \beta_0 X_2 + \beta_1 X_2^2 + \varepsilon_i$$

Donde Y = peso de la canal; B_i = parámetros del modelo; X = peso de cortes primarios; X_1 = peso de cortes secundarios; X_2 = peso de cortes terciarios; α = intercepto; ε = error estadístico, estocástico, aleatorio. El óptimo técnico (NOT) o de máxima producción, se obtuvo igualando el producto marginal (PMg) a cero, e implicó el punto de máxima producción representado por la variable dependiente. En tanto que el nivel óptimo económico (NOE), se obtuvo al igualar el PMg a la relación de precios (del insumo y del producto) (Rebollar *et al.*, 2008a; Rebollar *et al.*, 2008b; Rebollar *et al.*, 2011). Para los cortes primarios, se utilizó un precio promedio de 39.0 \$/kg, cortes secundarios y terciarios 15.0 \$/kg y 52 \$/kg y como precio del producto, esto es P_y de 52.04 \$/kg. Los modelos econométricos se estimaron por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y se ajustaron a través del paquete estadístico SAS, en su versión para Windows (2009), con el uso del GLM (General Linear Model).

Con base en el registro de datos de campo, a nivel de corte, el modelo estimado para cortes primarios fue:

$$Y = 177.92 - 7.6514X + 0.1663X^2 - 0.0010576X^3$$

(253.5) (15.6) (0.31) (0.0021)

Para cortes secundarios:

$$Y = -28.9601 + 19.1879X - 0.8048X^2$$

(64.30) (13.53) (-0.80)

Y, para cortes terciarios:

$$Y = -66.9915 + 14.2024X - 0.3376X^2$$

(63.49) (6.15) (0.14)

En los tres modelos, los números entre paréntesis fueron errores estándar de cada estimador de la función de producción, en su caso, de cada

Cuadro 5
Ingreso, costo y ganancia al NOT y NOE
en bovinos carne en corral

Concepto	NOT	NOE
a) Ingreso total (IT) (\$/animal)	9 588.20	9 238.40
Peso Vivo Final (kg)	479.41	461.92
Precio de venta (\$/kg)	20.00	20.00
b) Costo de adquisición (\$/animal)	5 249.00	5 249.00
Peso Vivo Inicial (kg)	290.00	290.00
Precio de compra (\$/kg)	18.00	18.00
Flete (\$/animal)	29.00	29.00
c) Ganancia bruta (\$/animal) (a - b)	4 339.20	3 989.40
Menos:		-
d) Costos de producción (\$/animal)	3 769.68	3 132.88
Variables directos	3 656.63	3 060.49
Alimento (dieta) (\$/t)	3 125.15	2 601.11
Salarios (prep. alimento y mano de obra (\$/animal))	387.36	327.06
Desparasitantes (\$/animal)	67.06	55.66
Trasporte del alimento (\$/t)	31.50	31.50
Vitaminas (\$/animal)	43.00	43.00
Agua (\$/animal)	2.56	2.16
Variables indirectos	31.95	26.99
Renta del terreno (\$/animal)	31.95	26.99
Variables de distribución y venta (\$/animal)	25.00	25.00
Uso de báscula pública (\$/animal)	10.00	10.00
Regulación sanitaria (\$/animal)	5.00	5.00
Permisos de propiedad (\$/animal)	10.00	10.00
Fijos indirectos	56.10	47.39
Depreciación de cercas (\$/animal)	18.53	15.65
Depreciación de comederos (\$/animal)	15.55	13.13
Depreciación de bebederos (\$/animal)	7.47	6.31
Depreciación de equipo de trabajo (\$/animal)	1.78	1.51
Depreciación de bodega (\$/animal)	12.77	10.79
e) Ganancia neta (\$/animal) (c - d)	569.52	856.52
f) Costo total de producción (\$/kg)	18.81	18.15
g) Ganancia neta por kilogramo (\$/kg)	1.19	1.85

modelo estimado. El signo negativo, tanto en el monomio cúbico y cuadrático, es el que se esperaba, según la teoría económica. La obtención de tal signo permitió derivar los niveles óptimo técnico y óptimo económico en cada de las funciones de producción. Por el contrario, matemáticamente hablando, si en el modelo de segundo y tercer grado, el signo no fuese negativo, entonces, no hay método alguno que permita deducir los óptimos económicos. En otras palabras, el modelo estimado no es útil para analizar los óptimos de acuerdo a la teoría económica. La función de producción tiene su aplicación en el corto plazo, periodo en el que solo puede modificarse la utilización de insumos variables, en tanto los fijos permanecen sin cambio alguno, de ahí la teórica ley de los rendimientos físicos marginales decrecientes (Nicholson, 2007).

De hecho, la ley anterior, puede observarse y comprobarse en cada uno de los modelos estimados, al no existir otro valor de X , que es la cantidad de insumo variable, que proporcione una magnitud mayor de producción por arriba del óptimo técnico; es decir, donde la pendiente, en ese punto de la curva de producto total, sea cero. Por tanto, valores inferiores o superiores del insumo variable que produce el NOT, implican valores del producto total menores, incluso negativos, lo que da constancia de la ley de los rendimientos decrecientes (Doll y Orazem, 1984).

Para los tres modelos, el valor del insumo variable que representó el NOT fue mayor con relación al NOE (véase cuadro 6), resultados coherentes con la teoría económica de la producción. Al considerar el precio actual del insumo y del producto, la ganancia monetaria que se obtuvo al NOE fue mayor que en el NOT. Por tanto, la máxima producción no siempre implica obtener la máxima ganancia en dinero. Adicionalmente, de acuerdo a los resultados del cuadro 6, a nivel de corte la mayor diferencia en dinero, se obtuvo con el modelo de cortes primarios (lomo, costillas, piernas, espaldilla); sin embargo, lo importante en estas metodologías, es poder demostrar bajo la concepción la teoría económica, que datos reales, se obtendría mayor ganancia en dinero al NOE que al NOT. Sin lugar a dudas, deducciones que podrían ser de importancia para productores conscientes de ello y que realmente desearan utilizar estos resultados en sus decisiones de producción.

CONCLUSIONES

La teoría económica de la producción, es una herramienta científica útil en procesos productivos de corto plazo. Puede aprovecharse para medir niveles de optimización en la utilización de insumos variables y demostrar,

Cuadro 6**Desglose de costo, ingreso y ganancia para el NOT y NOE en cortes de carne de cerdo en canal, octubre de 2011**

Concepto	Nivel Óptimo Técnico	Nivel Óptimo Económico	Diferencia
Cortes primarios			
Valor de X	70.71	62.31	
Valor de Y (kg en canal)	94.47	90.96	
Costo Total (\$)	2 757.70	2 429.70	
Ingreso Total (\$)	4 916.20	4 733.60	
Ganancia (\$/canal)	2 158.50	2 303.90	145.40
Cortes secundarios			
Valor de X	11.92	11.68	
Valor de Y (kg en canal)	85.40	85.36	
Costo Total (\$)	178.80	175.20	
Ingreso Total (\$)	3 330.60	3 329.04	
Ganancia (\$/canal)	3 151.80	3 153.82	2.02
Cortes terciarios			
Valor de X	21.03	20.46	
Valor de Y (kg en canal)	82.38	82.26	
Costo Total (\$)	315.45	306.90	
Ingreso Total (\$)	3 212.82	3 208.14	
Ganancia (\$/canal)	2 897.40	2 901.20	3.80

con una eficiente toma de datos, que no siempre la máxima producción, en la generación de un bien, implica obtener la máxima ganancia monetaria posible.

En esencia, para los estudios de caso analizados en este trabajo, la ganancia monetaria estimada en cada uno de ellos, fue siempre mayor al NOE que el NOT, ello permite generar estrategias de producción, así como bases de datos confiables, donde solo se actualice el precio del principal insumo variable utilizado y del producto, con base en esa información, los modelos pueden sugerir modificar el dato de la variable dependiente para obtener

la mejor ganancia del proceso, si se decide la venta del producto en ese momento.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALMANZA, C.J. 2010. "El consumo de carne en México". En: *Termómetro Financiero*, Número 17. Sección Agronegocios. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). (Fecha: 19 de febrero de 2010). p. 17.
- CABELLO, M.A. 2009a. "Oportunidad en carne de puerco". En: *Termómetro Financiero*, Número 24. Sección Agronegocios. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). (Fecha: 20 de agosto de 2009). p. 24.
- CABELLO, M.A. 2009b. "El puerco a futuro". En: *Termómetro Financiero*, Número 20. Sección Agronegocios. FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). (Fecha: 18 de septiembre de 2009). p. 20.
- COCHRAN, W. 1984. *Técnicas de muestreo*. Ed. C.E.C.S.A., México, D. F.
- DOF. 2011. *Diario Oficial de la Federación*. Norma Oficial Mexicana NMX-FF 081, 2003. Productos pecuarios-carne de porcino en canal-calidad de la carne-clasificación. En: <http://cide.uach.mx/pdf/normas%20mexicanas%20nmx/industria%20agropecuaria/productos%20pecuarios.%20carne%20de%20porcino%20en%20canal.pdf> (13 de octubre de 2011)
- DOLL, J. P., y Orazem, F. 1984. *Production Economics. Theory with Applications*. Second Edition. John Wiley Sons. Canadá.
- FAO. 2011. Food and Agricultural Organization United Nations. Database-Ganadería. <http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx>. (23 de junio de 2011).
- FIRA (fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). 2003. *Perspectivas de la red carne bovino*. Morelia, Mich. México. Pp. 18-24.
- FIRA (fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura). 2011. *Panorama Agroalimentario Carne de bovino 2010*. 19 p.
- GUJARATI, D. N. ECONOMETRÍA. 2004. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México, D. F. 972 p
- LEROY, M. R., y Meiners, E. R. 1990. *Microeconomía*. Tercera edición. Ed. Mc Graw Hill. Naucalpan de Juárez, Estado de México. 703 p.

- MANKIW, N. G. 2007. *Principios de economía*. Cuarta edición. Ed. Thomson. Madrid, España. 629 p.
- NICHOLSON, W. 2007. *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*. Novena edición. Ed. Cengage Learning. México, D. F. 671 p.
- PINDICK, S. R., y Rubinfeld, L. D. 1998. *Econometría, modelos y pronósticos*. Cuarta edición. Ed. Mc Graw Hill. México, D. F.
- POSADAS, D. R. R., Rebollar, R. S., Hernández, M. J., González, R. F. J., Rebollar, R. A., Guzmán, S. E. 2011. "Niveles de optimización económica en bovinos engordados en corral". pp. 55-61. En: *Administración, Agrotecnología y Redes de conocimiento*. Editores: Ana María de Guadalupe Arras Vota y Ofelia Adriana Hernández Rodríguez. Editorial Pearson. Prentice Hall. 144 p.
- REBOLLAR, R. S., Gómez, T. G., Hernández, M. J., Rojo, R. R., González, R. F. J., Avilés, N. F. 2008a. "Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México". *Ciencia Ergo Sum*, 14 (3): 255-262.
- REBOLLAR, S., J. Hernández, F.J. González, P. Mejía y D. Cardoso. 2008b. *Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral*. Universidad y Ciencia 24 (1): 67-73.
- RUIZ, F. A., Sagarnaga, M. L., Salas, V. J. M., Mariscal, A. V., Estrella, Q. H., González, A. M., Juárez, Z. A. 2004. *Impacto del TLCAN en la cadena de valor de bovinos para carne*. Universidad Autónoma Chapingo.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA). 2004. *Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México*. Coordinación General de Ganadería.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA). DDR 076. 2006. *Información Estadística. Distrito de Desarrollo Rural 076 de Tejupilco*, Estado de México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>.

CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO ACTUALES EN EL MUNICIPIO DE TLATLAYA, ESTADO DE MÉXICO

JOVEL VENCES-PÉREZ,¹ BENITO ALBARRÁN-PORTILLO,¹
SAMUEL REBOLLAR-REBOLLAR,¹ ANASTACIO GARCÍA-MARTÍNEZ^{1*}

INTRODUCCIÓN

En México el ganado bovino es una especie de las más importantes porque suministra carne, leche con sus derivados grasos, pieles, abonos y se emplea como animal de trabajo donde falta maquinaria; también, es la especie que sirve como referencia a las demás en cuanto a precio y hábitos de consumo. Por otro lado, es una importante fuente de proteína para la dieta de la población (SAGARPA, 2010).

Este trabajo se fundamenta en el análisis de los aspectos económicos, teóricos y conceptuales utilizados en el estudio del funcionamiento de las explotaciones ganaderas y sus relaciones con el medio físico y socio-económico desde una perspectiva sistémica (Bertalanffy, 1973), bajo la cual, la unidad de producción se considera como un sistema complejo.

La actividad agraria en la zona Sur del Estado de México que comprende los municipios de Tejupilco, Luvianos, Amatepec y Tlatlaya, se asocia con múltiples objetivos que se refieren a la producción primaria, pero también a sus funciones medioambientales y sociales, dada su contribución positiva a la cohesión económica y social (Laurent et al., 2003). Sin embargo, Baldock et al. (1996) han identificado la especial vulnerabilidad de los sistemas extensivos de explotación de escasa dimensión, que son abundantes en las zonas de montaña, debido a la marginación y el abandono.

1 Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México; Km 67.5 Carr. Fed. Toluca-Tejupilco, 51300, Temascaltepec, México, MÉXICO. *Autor para correspondencia.

Hay una gran variedad de sistemas de producción, por esa razón, es que se abordan de diferentes perspectivas, en las que destaca la Tipificación de Sistemas y como parte de la tipificación es necesario utilizar varias herramientas para la recopilación de información, el análisis y la interpretación de resultados. En este caso se destaca el uso de Encuestas ampliamente utilizadas en el estudio de sistemas agrarios (Theau y Gibon, 1993; Olaizola y Gibon, 1997) o los seguimientos técnico-económicos, caracterizados por su carácter dinámico, y que permiten la recolección de información más precisa y detallada a lo largo del tiempo (Yin, 1994).

El análisis de los costos de producción y comercialización sirve para obtener indicadores económicos que permitan a los productores establecer estrategias que aumenten su eficiencia y competitividad en estos sistemas de producción y obtengan un mayor valor agregado en la comercialización del ganado (Hernández *et al.*, 2011). El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis económico de las unidades de producción y su adaptación al entorno socioeconómico en que se desarrollan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la zona de estudio

El municipio de Tlatlaya se localiza en la zona suroeste del estado de México dentro de la región socioeconómica No. IV, con sede en Tejuzilco; forma parte del distrito judicial y rentístico de Sultepec y su cabecera municipal está comprendida dentro de las coordenadas geográficas entre los paralelos 18°22' y 18°41' de latitud norte; los meridianos 100°04' y 100°27' de longitud oeste; altitud entre 300 y 2 400 m. su territorio asciende a 798.92 km², lo que representa el 3.55% del estado. Cuenta con 165 localidades y una población total de 33 308 habitantes (INEGI 2009).

Metodología

Encuestas

Para la recopilación de la información primaria se utilizó una encuesta estructurada, previamente testada y aplicada mediante entrevista directa a los titulares de las explotaciones de ganado bovino (Para conocer los detalles de las encuestas estructuradas (García-Martínez, 2008a).

Figura 1
Situación geográfica del Municipio de Tlatlaya,
Estado de México



Tamaño de la muestra

Para la obtención de la muestra de productores susceptibles de estudio, previamente se analizaron los censos ganaderos proporcionados por las Asociaciones ganaderas locales. Posteriormente, la muestra definitiva de productores a encuestar se obtuvo de acuerdo a la ecuación descrita por Hernández *et al.* (2004), como se menciona a continuación:

$$n = \frac{N}{1 + (N * 0.1^2)}$$

$$\text{donde; } n = \frac{N}{1 + (N * 0.1^2)} \quad n = \frac{N}{1 + (N * 0.1^2)} \quad n = \frac{N}{1 + (N * 0.1^2)} \quad n = \frac{N}{1 + (N * 0.1^2)}$$

n = tamaño de la muestra,

N = Tamaño de la población y

0.1 = error estándar, determinado por el investigador.

De lo anterior, se obtuvo una muestra de 66 Unidades de Producción (UP), ya que se contabilizaron 193 UP registradas en dos Asociaciones; Asociación Ganadera Pedro Asencio de Alquisiras del Municipio de Tlatlaya y Asociación Ganadera Local General la Frontera del Municipio de Tlatlaya. Sin embargo, solamente se evaluaron 61, ya que la información de cinco de ellas no se recopiló satisfactoriamente.

Estratificación de la muestra de explotaciones

La descripción de la situación actual de las explotaciones se realizó agrupándolas en función del tamaño del hato (Unidades Ganaderas Totales), por estratos, mismos que fueron establecidos una vez que se obtuvo la información de acuerdo a la Metodología de Vilez (2001). Los estratos considerados fueron los siguientes: estrato 1= explotaciones de ≥ 5 y ≤ 43 UGT, Estrato 2 = explotaciones de ≥ 44 y ≤ 87 UGT y el Estrato 3 = explotaciones mayores a ≥ 89 UGT. Mismos que para efectos de la descripción del trabajo, se han considerado como E1, E2 y E3.

Las UP consideradas en el estudio, representan 34.20% de las 193 explotaciones registradas en asociaciones; Asociación Ganadera de Pedro Asencio de Alquisiras del municipio de Tlatlaya y Asociación Ganadera Local General la Frontera del municipio de Tlatlaya. Sin embargo, actualmente se dispone información de tres Asociaciones más que Agrupan 401 explotaciones y que representan el 67.51% de las 594 UP totales en las cinco Asociaciones, mientras que las UP de las Asociaciones consideradas representan 32.49% del total. La Asociación Vicente Guerrero, es la que cuenta con el mayor censo de productores.

Los estratos para efectos de la descripción del trabajo, se han considerado como E1, E2 y E3. En el cuadro 7, se muestra la clasificación de las UP en el municipio de Tlatlaya. Se observa que 75% de las explotaciones están incluidas en el estrato de menor dimensión (E1) y menor proporción en E2 y E3, que son los de mayor dimensión.

Cuadro 7
Estructura de los estratos para la descripción
de los sistemas ganaderos¹

Estrato	E1	E2	E3	Total
Rango	entre 5 y 43	entre 44 y 87	más de 89	-
No. Explotaciones	46	11	4	61
Porcentaje (%)	75.41	18.03	6.56	100

E1= Estrato 1, E2= Estrato 2, E3= Estrato 3

¹ Para el cálculo de las UGT, se considero lo siguiente: una vaca o toro adultos = 1 UGB; una vaquilla = 0.75 UGB; un ternero (a) = 0.5 UGB y a una cabra u oveja = 0.14 UGB (García-Martínez, 2008).

RESULTADOS

Uso y aprovechamiento de la Superficie Agrícola Útil (SAU)

La Superficie Agrícola Útil (SAU) en las UP es de suma importancia, ya que de ella depende la producción de forraje para la alimentación del ganado. Las UP con mayor disponibilidad de SAU se agrupan en el E3 (264.00 ha), que además es el de mayor dimensión ganadera, mientras que en los E1 y E2 cuentan con la menor superficie (42.74 ha y 77.68 ha) como se observa en el cuadro 8.

Se hace notar la importancia de la Superficie Forrajera (SF), ya que representa el 82.68% de la SAU total, destacando el E3 con el 95.61%. Así mismo, se hace notar la reducida importancia de los Cultivos Agrícolas (CA). En este sentido, se dispone solo el 17.22% de esta superficie. Esta tendencia, ha sido generada, entre otros factores, por las condiciones topográficas que presenta la zona. El principal CA y que destaca es el cultivo de maíz en condiciones de temporal representando el 95.72% de los CA. La SF, está integrada en su mayor parte por pastos introducidos y naturales. Entre estos últimos, destaca la presencia de pastos naturales con matorral y con arbolado, característico de los sistemas extensivos en zonas de montaña. En este esquema, el mayor porcentaje de la superficie disponible es propiedad (94.76%) de los productores y solo 5.24% en promedio es superficie arrendada.

Características de la familia y disponibilidad de mano de obra

Es importante destacar que todas las unidades de producción en estudio son principalmente de tipo familiar, es decir la familia es la que se encarga de las actividades que se realizan dentro de la UP.

Cuadro 8
Superficie disponible y distribución de los aprovechamientos (ha)

Estrato	E1	E2	E3	Total
Superficie Agrícola Útil (SAU)	42.74	77.68	264.00	63.55
Cultivos Agrícolas (CA)	4.71	8.77	10.75	5.84
Superficie Forrajera (SF)	38.03	68.91	253.25	57.71
CA/SAU	19.47	12.52	4.39	17.22
SF/SAU	80.53	87.48	95.61	82.78

E1= Estrato 1, E2= Estrato 2, E3= Estrato 3 y EEM= Error Estándar de la Media

Cuadro 9

Estructura de la familia

Estrato	E1	E2	E3	Total
Edad del titular (años)	56.63	61.55	50.00	57.08
Años en la actividad	27.63	31.91	33.50	28.79
Nivel de educación	1.11	1.00	2.00	1.15
Personas en casa	3.89	4.20	5.25	4.45
hijos > 18 años	0.67	1.00	0.75	0.81
Dedicación de tiempo completo del titular	78.00	80.00	75.00	78.00

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3. El nivel de estudios va de 0 (sin educación) hasta 5 (profesionales)

Los titulares de mayor edad (61.55 años) se encuentran en el E2 (véase cuadro 9), mientras que los titulares más jóvenes se encuentran en el E3 (50 años). No obstante son titulares que más años llevan dedicados a esta actividad (33.50 años) y que mayor nivel de educación presentan (2 años).

Referente al tamaño de la familia el E1 es el de menor tamaño con 3.89 personas y con solo 0.67 hijos > 18 años y E2, con el menor número en este rubro, mientras que el E2 y E3 cuentan con un número mayor de miembros en el grupo familiar (4.20 y 5.25 personas respectivamente). Es importante mencionar que no se registraron hijos que viven fuera de la unidad de producción.

Con relación a la dedicación de los titulares, se observa que en E2, 80% realizar actividades agro-ganaderas a tiempo completo siendo este el mayor. Sin embargo, en E1 y E3, aproximadamente el 24% de los titulares, la dedicación es parcial, esto debido a que se dedican a otro tipo de actividades económicas tales como maestros, comerciantes, etc.

Mano de obra

Con relación a la disponibilidad de la mano de obra en las UP, en el cuadro 10 se observa que el E1 es el de menor disponibilidad de mano de obra presenta, mientras que E3 es el que mayor disponibilidad presenta de mano obra presenta, altamente relacionado con el tamaño de la UP, tanto en superficie como de hato. Se observa la importancia de la mano de obra familiar, que representa más del 72% del total disponible, sobre todo en las UP de menor tamaño. Así mismo, se destaca la importancia de la mano de obra contratada, que para el caso de E3, representa más del 45%, por lo que denota una mayor especialización debido al mayor tamaño de las Up

Cuadro 10
Disponibilidad de mano de obra

Estrato	E1	E2	E3	Total
UTA Total (UTAT)	1.01	1.56	2.23	1.19
% UTA Familiar/UTAT	75.47	68.08	53.19	72.68
% UTA Contratada/UTAT	24.53	31.92	46.81	27.32

UTA=Unidad de Trabajo Año, E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3.

que lo integran. En E1 y E2 también presenta una relativa importancia, ya que la mano de obra contratada representa alrededor del 23%.

Estructura del hato

La dimensión del hato se observa en el cuadro 11, donde se muestran diferencias marcadas entre E1 y E3, de forma que el tamaño del hato oscila entre 27.51 UGT para el caso de E1 y 119.81UGT en el estrato de mayor tamaño.

Cuadro 11
Dimensión y estructura del hato

Estrato	E1	E2	E3	Total
UGT	27.51	67.24	119.81	40.73
UGB	24.09	65.93	119.81	37.91
%UGB/UGT	96.57	98.69	100.00	97.18
%UGO/UGT	3.43	1.31	0.00	2.82
No. de vacas	13.98	43.91	70.00	23.05
%Vacas/UGB	59.39	66.52	58.73	60.64

UGT=Unidad Ganadera Total; UGB=Unidad Ganadera Bovina, E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

Del total del hato, las vacas son las que representan el mayor porcentaje con alrededor del 60.64%.

Se trata de UP, especializadas en la producción de ganado bovino, ya que cuentan en promedio con 37.91 UGB, destacando el E3 con 119.81 UGB y el E1 es el que cuenta con solo 24.09 UGB. Sin embargo, también se nota la presencia de ovinos y caprinos. Sin embargo, solo se hacen notar en los estratos de menor tamaño del hato, especialmente en E1, mientras que para el caso de E3, las UP son esencialmente productoras de ganado bovino.

Alimentación y manejo del pastoreo

La alimentación del ganado depende en gran parte de la disponibilidad de superficie y como consecuencia la producción de forraje en la propia explotación. Sin embargo cuando la producción de forraje se ve limitada por diferentes factores tales como la estacionalidad, fertilización, precipitación, manejo en general y topografía accidentada; la compra de insumos externos (concentrados comerciales y henificados), es necesaria para la alimentación del ganado.

Como se puede observar en la distribución de la SAU, los pastos son las superficies de mayor importancia y representativa en las UP. En la mayoría de los casos, estos son aprovechados directamente mediante el pastoreo.

Haciendo referencia a un ciclo productivo de un año, el tiempo de utilización y aprovechamiento (en número de días) de las diferentes superficies disponibles, se muestra en el cuadro 12. Se observa que el uso de las praderas introducidas por el ganado, es de aproximadamente 180 días, aunque E2 es el estrato que aprovecha estas superficies en un mayor periodo de tiempo. Asimismo, se hace notar que E3 es el estrato que mayor periodo de tiempo, pastorea al ganado en las zonas de monte alto. La utilización de los pastos naturales con arbolado, se mantiene de manera homogénea en los tres estratos, mientras que en el tiempo de rastreo, destaca el estrato de menor tamaño.

Cuadro 12
Utilización de insumos para la fertilización
de las superficies en las unidades de producción

Estrato	E1	E2	E3	Total
Pastoreo en praderas	181.6	200.0	182.5	180.5
Pastoreo en monte (pastizales naturales)	124.9	128.2	152.5	132.6
Rastrojeo	58.5	36.8	30.0	51.8
% de explotaciones que fertilizan SF	36.0	10.0	50.0	32.0
% de UP que utilizan estiércol	28.0	10.0	25.0	21.0
% de UP que utilizan agroquímicos	35.0	10.0	67.0	37.0

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3. El pastoreo y el rastreo, se refiere al número de días que los animales aprovechan estos recursos

El manejo que se hace de estas superficies es diverso, de forma que para su mantenimiento, los productores tanto pueden utilizar insumos externos como fertilizantes químicos. El uso de estiércol también es amplia-

mente utilizado, aunque en una menor proporción de explotaciones (véase cuadro 12). Cabe destacar que el mayor porcentaje de UP que utilizan fertilizantes químicos, se encuentran en el E3.

En el E3 y E1 destinado sobre todo a las praderas, con el objetivo de favorecer el crecimiento del forraje para su posterior henificado o ensilado. Sin embargo, también son utilizadas las praderas de pastoreo directo, ya que la duración del pastoreo dependerá de la oferta de forraje.

Indicadores del manejo del ganado

Con relación al manejo del ganado, se observa que la carga ganadera guarda estrecha relación con el tamaño del hato. De forma que en E1, esta es superior respecto a los otros dos estratos, siendo E3, el que menor carga ganadera presenta. Esta situación se debe en gran medida a la mayor disponibilidad de superficie en los estratos de mayor tamaño (véase cuadro 13).

Cuadro 13
Indicadores del manejo del ganado en la unidad de producción

Estrato	E1	E2	E3	Promedio
UGB/ha de SF	1.99	1.78	0.92	1.88
UGB/ha SAU	1.34	1.45	0.86	1.33
UGB/UTA	30.03	61.92	55.27	37.44

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

Con relación al manejo del ganado por unidad de mano de obra, de igual forma está altamente correlacionado con el tamaño del hato y por lo tanto de la disponibilidad de mano de obra. En este sentido, en los estratos de mayor tamaño, se cuenta con mayor número de cabezas por UTA.

Principales indicadores de producción en las unidades de producción

El número de becerros nacidos depende en gran medida del tamaño del hato, de tal forma que E3, es que mayor cantidad de becerros presenta. De acuerdo con Alberti *et al.* (1995) en sistema de ganado bovino en condiciones de montaña, se asume que del total de becerros nacido, 50% son machos y 50% hembras. De forma que la estructura en cada estrato se observa en el cuadro 14.

Cuadro 14**Relación macho hembra en función de los animales nacidos**

Estrato	E1	E2	E3	Promedio
No. becerros nacidos	13.98	43.91	70.00	23.05
No. de machos	6.99	21.95	35.00	11.52
No. de hembras	6.99	21.95	35.00	11.52

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

Asimismo, se destaca que de acuerdo al número de hembras nacidas, el 33% se quedan en la UP para reemplazo de las vacas de desecho (García-Martínez, 2008a), ya que de acuerdo con Casasús *et al.* (1998) el porcentaje de reemplazo oscila entre 13% y 17% en sistemas extensivos de montaña. Por otra parte en ambos casos (machos y hembras), se resta el 2.9% de mortalidad de estos hasta el destete de acuerdo a los reportes de Alberti *et al.* (1995). En este sentido, en el cuadro 15, se muestra la estructura de los terneros nacidos, una vez que se ha eliminado la mortalidad.

Cuadro 15**Estructura del hato de animales nacidos**

Estrato	E1	E2	E3	Promedio
No. de machos - 2.9% de mortalidad	5.29	12.87	21.28	8.12
No. de hembras - 2.9% de mortalidad	5.29	12.87	21.28	8.12
No de hembras - 33% de reemplazo	3.54	8.62	14.26	5.44
No. de terneros destetados	10.58	25.73	42.56	16.24

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

Por otra parte, más del 59% de las UP totales engordan ganado (véase cuadro 16), principalmente machos que bien pueden ser de la propia UP o animales comprados en la zona. El número de animales en engorda es mayor en E3, destacado además por que el 100% de las explotaciones realizan esta actividad. En E1 el mayor porcentaje de animales engordados son comprados a diferencia de E2 y E3, estratos en los que la mayoría de los animales son de la propia UP.

En el Cuadro 17, se muestra el número total de animales vendidos, una vez que se le ha restado el 2.0% de mortalidad durante el periodo en que los animales permanece en corral de acuerdo a reportes de Alberti *et al.* (1995), de forma que destacan los estratos de mayor tamaño en la venta

Cuadro 16
Animales para la venta

Estrato	E1	E2	E3	Total
% UP que no engordan	83.98	100.00	88.73	90.43
% UP que engordan	16.02	0.00	11.27	9.57
No. de becerros engordados totales	2.24	0.00	7.89	2.21
%becerros propios /engordados totales	45.05	0.00	67.47	49.18
%becerros comprados /engordados totales	54.95	0.00	32.53	50.82

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3. Es importante destacar que los cálculos para los animales engordados, se realizó únicamente de las unidades de producción que realizan esta actividad

total de animales, no obstante que en E1, se compra un elevado porcentaje del total de animales que se comercializan.

Cuadro 17
Número de animales vendidos en las unidades de producción de estudio

Estrato	E1	E2	E3	Total
Terneros destetados	9.57	33.34	45.56	16.21
Becerros engordados totales ¹	2.24	0.00	7.89	2.21
No de becerros propios -2.0% de mortalidad	1.43	0.00	18.87	2.97
No. de becerros comprados -2.0% de mortalidad	1.62	0.00	19.60	3.29
Animales vendidos totales	11.81	33.34	53.45	18.42

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

En la UP también se venden tanto animales de desecho como animales para remplazo, como se observa en el Cuadro 18. Asimismo, otros productos como leche y sus derivados. Ya que se observa una importante producción de leche en E2, así como la producción de piezas de queso, en segundo nivel de importancia, se encuentra E3.

Cuadro 18
Otros animales bovinos o productos vendidos
en las unidades de producción en estudio

Estrato	E1	E2	E3	Total
No. de vacas de desecho	1.22	3.27	10.00	2.16
Hembras para remplazo				
Terneas	0.17	0.09	10.00	0.80
Vaquillas	0.04	0.64	0.00	0.15
Machos para remplazo	0.04	0.00	0.00	0.03
Total de animales	1.48	4.00	20.00	3.15
Litros de leche vendida por año 2	961.05	9,555.91	4,875.00	2,767.60
Piezas de queso vendidas por año 3	19.22	191.12	97.5	55.35

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

Costos de producción

Los costos de producción se muestran en el Cuadro 19. Destaca en los tres estratos los costos por concepto de alimentación, mano de obra, compra de animales y otros gastos (pequeño utillaje, cuotas a Asociaciones, mantenimiento de instalaciones, combustible, entre otros), sobre todo en los estratos de mayor tamaño.

Cuadro 19
Distribución de los costos de producción (\$)
en la unidad de producción

Estrato	E1	E2	E3	Total
Alimentación	22,080.76	47,039.62	106,590.55	32,123.16
Mano de obra	3,312.88	4,974.55	19,102.50	4,647.91
Compra de animales	1,168.48	1,295.45	30,000.00	3,081.97
Mantenimiento	1,360.58	2,286.06	8,682.00	2,007.56
Sanitarios	934.57	1,278.18	3,702.50	1,178.03
Servicios	1,155.97	2,084.55	2,950.00	1,441.06
Otros gastos	5,217.48	5,429.00	24,540.75	6,522.72
Total	35,230.71	64,387.41	195,568.30	51,002.41

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

En función de lo anterior se evidencia que el mayor porcentaje de los costos totales, es por concepto de alimentación que para este tipo de explotaciones supera el 62%, destacando en este rubro E2. Asimismo se hace notar que otros costos importantes están relacionados con la compra materiales diversos o pequeño utillaje (lazos, cubetas, franelas, entre otros), algún tipo de cuotas a las asociaciones a las que pertenecen la UP, mismos que suponen aproximadamente el 21% en promedio del Costo Total; este rubro es mayor en E1. Por otra parte, la mano de obra y compra de animales, si bien representan porcentajes bajos, suponen el 15% en promedio.

La utilización de insumos externos, sobre todo de alimentos comerciales (véase cuadro 20). En este sentido el mayor consumo por vaca y UGB se observa en E2, seguido de E3. Sin embargo, el costo total por concepto de concentrados, es menor en este último, debido principalmente a que se elabora en la UP.

Cuadro 20
Importancia de la compra de concentrados (\$)
en las unidades de producción

Estrato	E1	E2	E3	Total
Costo de concentrado/ vaca/año	716.71	1082.99	606.67	775.55
Costo de concentrado UGB/año	418.55	646.31	371.10	456.51
Kilógramos de concentrado/ vaca/año	208.25	275.64	268.13	224.33

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

Ingresos

Para el cálculo de los ingresos se tomó como referencia estándares obtenidos por Rebollar *et al.* (2011) y algunos precios de venta establecidos en la zona de estudio. En el cuadro 21 se muestran los costos unitarios de los diferentes productos en las UP, los cuales fueron utilizados para sacar los ingresos.

La estructura de los principales ingresos en las UP, generados por la venta de ganado, leche y subproductos, se muestra en el cuadro (véase cuadro 22).

Cuadro 21
Precios unitarios de venta de animales y productos obtenidos en las unidades de producción

Producto	Precio unitario
Machos destetados	5,575.00
Hembras destetadas	4,462.50
Machos engordados	10,168.00
Vacas de desecho	4,000.00
Terneras para remplazo	4,605.64
Terneras para novillas	5,550.00
Machos para remplazo	9,750.00
Leche	10.00
Queso	50.40

Elaboración propia con datos de Rebollar *et al.*, 2011 y precios promedio en la zona de estudio

Cuadro 22
Estructura de los principales ingresos en las unidades de producción en estudio

Estrato	E1	E2	E3	Total
Terneros destetados	53,333.16	185,890.07	254,011.27	90,396.09
Animales engordados	22,772.22	0.00	80,213.44	22,432.39
Otros bovinos	6,335.76	17,041.42	86,056.40	13,493.87
<i>Ingreso total de bovinos</i>	<i>82,441.15</i>	<i>202,931.49</i>	<i>420,281.11</i>	<i>126,322.36</i>
Leche	1,891.30	5,427.27	150.00	2,414.75
Queso	1,153.26	11,467.09	5,850.00	3,321.11
<i>Ingreso total de leche</i>	<i>3,044.57</i>	<i>16,894.36</i>	<i>6,000.00</i>	<i>5,735.87</i>
Otros ingresos	165.22	321.82	0.00	182.62
<i>Ingreso Total</i>	<i>85,650.93</i>	<i>220,147.67</i>	<i>426,281.11</i>	<i>132,240.85</i>
<i>Diferencia costo -ingresos</i>	<i>50,420.23</i>	<i>155,760.26</i>	<i>230,712.81</i>	<i>81,231.43</i>

E1 = Estrato 1, E2 = Estrato 2 y E3 = Estrato 3

A su vez, en la figura 2, se observa más del 68% de los ingresos totales provienen de la venta de terneros destetados, sobre todo en E2, estrato que no engorda animales. En este sentido, se observa que E1 es que obtiene un buen porcentaje de sus ingresos de la venta de animales engordados, seguido de E3 en orden de importancia. Por otra parte, se hace notar que la producción de leche es reducida, ya que en general representa el 4% en promedio. La venta de animales para remplazo se hace notar en E3, que son las UP de mayor especialización y con la presencia de razas para carne.

En función de lo anterior, la diferencia de los ingresos y egresos indicó que E3 obtuvo una ganancia 457.57% y 148.00% superior a E1 y E2, respectivamente (véase cuadro 22).

Principales indicadores económicos en las unidades de producción

El análisis de los principales indicadores económicos en las UP estudiadas, se muestra en el cuadro 23. De estos, depende la sostenibilidad de la UP y fungen como punto de partida para evaluar la competitividad de los productos obtenidos. De lo anterior se deriva que el mayor ingreso en la mayoría de los indicadores se obtiene en la UP del E2; en orden de importancia, seguido de E1 y E3, solo en el caso de ingreso total/ha SAU, no así en el otros indicadores como ingreso total/UGB y Margen Neto/UGB, indicadores en los que E3, supera a E1 (véase cuadro 23).

Así mismo, se puede observar que en el Margen Neto (MN) por unidad de trabajo y por vaca, destaca E2, seguida de E3, situación observada, ya que las UP de E2 no engordan ganado, lo que supone una disminución en los costos totales. El costo por vaca por año, se observa en E3. Mientras que el MN (todas las fuentes de ingresos menos gastos operativos) por vaca es mayor en las UP de E2, seguida de E1. Lo que sugiere una mayor eficiencia en el uso de la tierra en las UP de menor tamaño.

DISCUSIÓN

De acuerdo con varios reportes (Hernández-Dimas, 2010; Flores-Cardoso, 2011), la ganadería en el municipio de Tlatlaya se considera la actividad económica de mayor importancia para la población rural directamente involucrada. En este tenor, el trabajo da evidencia de esta tendencia, pero no solo eso, sino que pone en evidencia que la agricultura ha pasado a tercer plano. Esto debido a que de acuerdo con información municipal (Plan de

Cuadro 23

Indicadores económicos de la explotación

Estrato	E1	E2	E3	Total
IT/ha de SAU	5596,75	7220,40	2810,95	5706,86
IT/vaca	5763,13	5992,10	6054,23	5823,51
IT/UTA	98735,26	200673,46	190133,63	123110,90
IT/UGB	3377,00	3800,31	3595,74	3467,68
CT/ha de SAU	824,31	828,86	740,78	802,56
CT/UTA	11904,23	1883,56	87731,57	5970,63
CT/UGB	1462,64	976,57	1632,28	1345,36
CT/vaca/año	5,763.13	5,992.10	6,054.23	5,823.51
MN/UTA/año	58,806.38	151,790.82	102.595.17	78,445.46
MN/vaca/año	2,846.72	3,730.67	3,3387.51	3,041.58
Mn/ha SAU	3,437.53	3,538.89	1,760.21	3,345.82

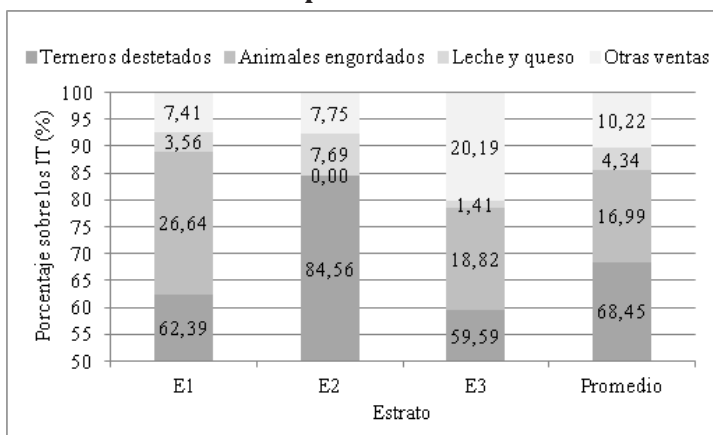
IT= Ingreso Total, CT=Costo Total, SAU=Superficie Agrícola Útil, UTA=Unidades de Trabajo Anuales, UGB=Unidades de Ganado Bovino, MN = Margen Neto, E1=Estrato 1, E2= Estrato 2, E3= Estrato 3

desarrollo del Bando Municipal de Tlatlaya, 2007), las actividades forestales han superado a la agricultura.

Así mismo, el estudio da cuenta que en la zona el sistema de producción se caracteriza por la explotación del ganado en condiciones de pastoreo extensivo, característico de regiones tropicales y subtropicales de México, aunque una de sus principales limitantes de este sistema, de acuerdo con Sánchez (2010), son los bajos índices productivos del ganado. No obstante que el forraje disponible tanto en pastizales nativos como en praderas cultivadas, es el recurso más barato y constituye la base de la alimentación animal (García-Martínez *et al.*, 2011).

A pesar de lo anterior, en las zonas tropicales, existe un desbalance de nutrientes en alimentos destinados al ganado, debido a que la producción de forraje de mejor calidad se restringe a la época de lluvias, mientras que durante la época de invierno y primavera se presenta una baja calidad de forrajes, lo que se traduce en condición corporales bajas en el ganado o pérdida de peso (Albarrán-Portillo *et al.*, 2008). No obstante, las superficies disponibles se mantienen como una excelente fuente de alimento para ganado, incluso, se hace un buen aprovechamiento de superficies con cul-

Figura 2
Importancia de los productos vendidos en las unidades de producción



tivos agrícolas bajo un sistema de rastreo directo en estas superficies, como lo describe García-Martínez *et al.* (2011).

En virtud de lo anterior las unidades de producción del municipio se caracterizan por su dinámica sobre todo en el uso del recurso tierra, aunque es evidente la interacción con otros aspectos relacionados la gestión y manejo del ganado y otros factores de tipo estructural, que de acuerdo con Sánchez (2010), son importantes para evaluar las sostenibilidad del medio económico en el que se desarrollan y en el cual, la mano de obra familiar es fundamental para su buen funcionamiento, manejo y gestión (García-Martínez, 2008b).

Un factor fundamental para el mantenimiento de la actividad agropecuaria en general, desfavorable, en muchos aspectos, es la migración de la población potencialmente activa, como ya se ha mencionado en el trabajo de Hernández-Dimas (2010). Esta situación favorece la pérdida de capital humano (Mamadou, 2011), principalmente por el desplazamiento de familias enteras o parte de ellas, en busca de mejores formas de vida, dirigiéndose a centros urbanos, cuya consecuencia principal es el abandono de las zonas rurales (García-Martínez, 2002).

En la zona de estudio existe una gran diversidad de UP, las cuales muestran particularidades en el uso de la superficie disponible, manejo del ganado y productos obtenidos, factores importantes para su diferenciación, pero sobre todo, para su adaptación al entorno socioeconómico

en que se desarrollan (García-Martínez, 2008b). Por otra parte, en función de la mayor o menor disponibilidad de tierra y ganado, será el grado de especialización de estas unidades de producción, bien con una orientación hacia la producción de leche, carne o doble propósito, situación que se ha plasmado en trabajos de Hernández-Dimas (2010), Piedra-Matias *et al.* (2011), quienes destacan que explotaciones pequeñas tienden a un manejo intensivo de la superficie disponible, mientras que explotaciones medianas y grandes, maximizan el factor trabajo, situación que se manifiesta en los resultados del presente estudio.

En función de lo anterior, los principales ingresos provienen de i. la venta de terneros destetados, ii. la venta de animales engordados (principalmente machos) y, iii. La venta de leche o sus derivados, características de sistemas de doble propósito. En este sentido, de acuerdo con Hernández-Dimas (2010) y Flores Cardoso (2011), el primer grupo la producción y venta de terneros al destete es el sistema que mayores ingresos genera, en ocasiones superando el 60%, situación que se presentó en esta evaluación. Sin embargo, de acuerdo a Piedra-Matias *et al.* (2011), esta situación puede cambiar, sobre todo en explotaciones de menor tamaño, en las que la producción de leche y sus derivados, supera 70% de los ingresos totales. Aunque esta actividad genere mayores costos de producción por la inclusión de complementos comerciales a las dietas de las vacas (Esparza-Jiménez, 2008). El mismo autor, indica que unidades de producción de mayor tamaño, normalmente se especializan en la producción de carne, de forma que su venta supera 70% de los ingresos totales. Sin embargo, para este caso, este rubro supuso solamente el 16% en UP de mayor tamaño y el 26% en UP pequeñas. Lo que hizo suponer que el mayor ingreso el municipio estudiado, provino principalmente de la venta de becerros destetados (68% de lo IT), aunque en UP de tamaño medio, la venta de estos animales supone más de 85%. Lo anterior de igual forma evidencia una discreta importancia de la venta de leche y sus derivados, ya en promedio solo representó 4% de los IT.

Por otra parte, en orden de importancia, los productos obtenidos en las UP, generalmente provienen de la venta de productos obtenidos del ganado bovino. Al respecto, García-Martínez *et al.* (2011), mencionaron que 92% de los ingresos totales en las UP, provienen de la venta de carne y un bajo porcentaje (8%) proviene de la venta de leche y otros productos vendidos (ovinos, caprinos, cerdos, entre otros). En el caso de la leche, solo se produce periodos estratégicos, normalmente durante la época de lluvias donde se mantiene la producción de leche, a especialmente de tipo ranche-ro, similar a reportes de Albarrán-Portillo *et al.* (2008) y Esparza-Jiménez (2008).

Los resultados de igual forma, ponen en evidencia que el mayor costo en la explotación del ganado bovino es la alimentación, que por ejemplo para unidades de producción de leche en pequeña escala de acuerdo con Arriaga-Jordan *et al.* (2002), superan el 70% de los costos totales. Por otra parte, García-Martínez (2008), indicó que en sistema de producción de ganado para carne en condiciones extensivas el costo de alimentación supone el 68%, aunque Campuzano de Nova (2011), reportó que este porcentaje puede disminuir a solo 58%, en la medida que se maximice el uso de las superficies forrajeras. En el caso del municipio de Tlatlaya, este porcentaje supone el 62% en promedio, ya que se hace un uso eficiente del recurso tierra, sobre todo en explotaciones de menor tamaño.

CONCLUSIONES

En función al análisis de los principales indicadores sobre actividades agropecuarias en estadísticas oficiales, la ganadería es la principal actividad económica en el municipio de Tlatlaya. Por lo que el manejo y uso de la superficie disponible es fundamental para esta actividad.

La actividad ganadera, presenta una orientación hacia la producción de carne, bien como machos engordados (unidades de producción grandes y pequeñas) o becerros destetados (unidades de producción de tamaño medio).

Los costos de producción incrementan en unidades de producción que engordan animales, o en la medida que el sistema de producción incrementa su nivel de especialización.

Los indicadores económicos mostraron que unidades de producción medianas y grandes, aprovechan y hacen un uso intensivo de la mano de obra y maximizan la producción del ganado, mientras que unidades de producción pequeñas maximizan el uso del recurso tierra.

Las unidades de producción de menor tamaño presentan mayor diversificación (realización de actividades económicas no agropecuarias) para incrementar los ingresos al interior de la unidad familiar, mientras que unidades de producción de mayor tamaño presentan un mayor nivel de especialización y el ingreso familiar depende de las actividades agropecuarias.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALBARRÁN, P. B., García-Martínez, A., Hernández, M. J., Rebollar, R. Samuel., Rojo, R. R., Avilés, N. F., Espinoza, O. A., Esparza, J. S., Figueroa, S. A., Quintero, S. A., Bautista, N. H. y Arriaga, J. C. M. (2008). "Caracterización del sistema de producción de leche en una comunidad campesina en el centro de México. IV Congreso Internacional de la Red SIAL, ALFATER 2008". *Alimentación, Agricultura Familiar y Territorio. Mar del Plata, Argentina*. 27 al 31 de Octubre de 2008. Eje 1: Trabajo 46. 1-23.
- ALBERTI, P., Sañudo, C. y Santolaria, P. (1995). *El cebo de terneros con pienso*, Bovis, 43-52.
- ARRIAGA-JORDÁN, C. M., Albarrán-Portillo, B., Espinoza-Ortega, A., García-Martínez, A., Castelán-Ortega. (2002). "On-farm comparison of feeding strategies base on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico". *Experimental Agriculture*. 38: 375-388.
- BALDOCK, D., Beaufoy G., Brouwer, F. y Goodeschalk F. (1996). *Farming at the margins: Abandonment or Redeployed of Agricultural Land in Europe*. Institute for European Environmental Policy Agricultural Economics Research Institute, London-The Hague.
- BERTALANFFY, L. V. (1973). *General Systems Theory. Foundations, Development*, Nueva York, Application. Revised edition. George Braziller.
- CAMPUZANO DE NOVA, C. (2011). *Análisis económico de las unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Amatepec*, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 57.
- CASASÚS, I., Sanz, A., Villalba, D., Ferrer, R. y Revilla, R. (1998). "Efecto de la época de parto sobre los rendimientos en pastoreo de vacas de raza Parda Alpina". ITEA. *Producción Animal*, Vol. Extra 20: 568-570.
- ESPARZA-JIMÉNEZ, S. (2008). *Análisis de costos de producción y rentabilidad de la lechería en pequeña escala en el municipio de Zacazonapan, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 55 p.
- FLORES-CARDOSO, J. M. (2011). *Descripción del Sistema de Ganado Bovino Actual en el Municipio de Tlatlaya, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 58 p.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, A. (2002). *Tratamiento de rastrojo de maíz con urea como Alternativa para la alimentación de vacas lecheras en sistemas de pro-*

- ducción de leche en pequeña escala en el Valle de Toluca*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional autónoma del Estado de México. 107 p.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, A. (2008a). *Dinámica reciente de los sistemas de vacuno en el Pirineo Central y evaluación de sus posibilidades de adaptación al entorno socio-económico*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España. 273 p.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, A., Olaizola, A.S. y Bernués, A. (2008b). *Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems*. *Animal*. 3 (1): 152-165.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, A., Piedra-Matías, R., Hernández-Dimas, G., Hernández, M. J., Rebollar, R. S., Avilés, N. F., Albarrán-Portillo, B. y Flores, C. J. M. (2011). "Los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya. Situación económica actual", En: Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Benito Ramírez Valverde, Francisco Ernesto Martínez Castañeda., Carlos F. Marcof Álvarez y Alfredo Cesín Vargas. *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. Vol. 2. 205-218.
- HERNÁNDEZ, S. R., Fernández. C. y Baptista, D. F. (2004). *Metodología de la Investigación*, 3ª ed. McGraw-Hill Interoamericana. México. 705 p.
- HERNÁNDEZ-DIMAS, G., Albarrán-Portillo, B., Piedra-Matías, R., Rebollar, R. S., Avilés, N. F. y García-Martínez, A. (2010). "Tipificación de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya, Estado de México", En Beatriz A. Cavallotti Vázquez. Carlos F. Marcof Álvarez y Benito Ramírez Valverde. *Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental. La ganadería y su contribución al desarrollo territorial*. 171-181.
- INEGI. (2009). *Censo agrícola y ganadero*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [www.inegi.mx. Julio de 2009].
- LAURENT, C., Maxime, F., Maze. A., y Tichit, M. (2003). *Multifunctionality of agriculture and farm models*. *Economie Rurale*. 237/274: 134 -52.
- MAMADOU, (2011). *Codesarrollo y migración el papel de la cooperación*. *Revista Transnacional para la Convivencia Intercultural*. No 7. 15.
- HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, H. J., Rebollar, R. S., Rebollar, R. A., González, R. F. de J., Guzmán, S. E. (2011). "Costos de producción y comercialización de la carne de ganado bovino en el Sur del Estado de México". B. A. Cavallotti Vázquez, B. Ramírez Valverde. *La Ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. Vol. 2. UACH,424 p.
- OLAIZOLA, A. (1991). *Viabilidad económica de sistemas ganaderos de montaña en condiciones de competencia en el uso de factores productivos*.

Análisis de la ganadería en un Valle Pirenaico característico mediante técnicas multivariantes y de optimización, Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 437 p.

- PIEDRA-MATÍAS, R., Hernández-Dimas, G., Albarrán-Portillo, B., Rebollar, R. S. y García-Martínez, A. (2011). "Tipología de las explotaciones de ganado bovino en el Municipio de Tejupilco, Estado de México", en: Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Benito Ramírez Valverde, Francisco Ernesto Martínez Castañeda, Carlos F. Marcof Álvarez y Alfredo Cesín Vargas. *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. Volumen 2. 205-218.
- PLAN DE DESARROLLO DEL BANDO MUNICIPAL DE TLATLAYA (2007). *Plan de Desarrollo Municipal de Tlatlaya*. Plan, Estado de México. 22 p.
- REBOLLAR, R. A., Hernández, M. J., Rebollar, R. S., Guzmán, Z. E., García-Martínez, A. y González, R. F de J. (2011). "Competitividad y rentabilidad de bovinos en corral en el Sur del Estado de México". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 691-698.
- SAGARPA. (2010). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México 2004*. Coordinación General de Ganadería. [<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. 11 de septiembre de 2011].
- SÁNCHEZ, M. P.L. (2010). *Manejo Integral de Pastizales y Recursos Forrajeros*.
- THEAU, J. P. y Gibon, A. (1993). "Mise au point d'une méthode pour le diagnostic des systèmes fourragers. Application à l'élevage sbovin-viande du Couserans", en: Landais, E. (Ed.) *Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer*. Études et recherches sur les SAD 27, 323-351.
- VILEZ, E. D. (2001). *Estadística básica para universitarios*, EUNSA. Navarra. 451 pp.
- YIN, R. K. (1994). *Case study research. Design and methods*, Sage publications. 171 p.

ECONOMÍA DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA COMERCIALIZACIÓN DE LOS OVINOS EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO

JUVENCIO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ,^a SAMUEL REBOLLAR-REBOLLAR,^a
MARÍA ISABEL ORTIZ-RIVERA,^a EUGENIO GUZMÁN-SORIA,^b
FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ-RAZO^a

RESUMEN

Las carnes y los productos cárnicos, dentro de los cuales se ubica a las vísceras, desempeñan parte importante del consumo de alimentos de alta calidad en la dieta del mexicano. El balance de su contenido en proteínas, al igual que el del huevo para plato y de la leche, difícilmente puede ser aportado por alimentos de origen vegetal, de ahí la necesidad de que en mayor o menor medida, se incluya a la carne dentro de la dieta del pueblo de México. De esta manera es que la carne sea un producto de alto precio y ocupe una parte importante del presupuesto destinado a la compra de alimento en los hogares. En México, el 33% del presupuesto de los hogares se destina a la compra de alimentos y bebidas, de los cuales el 21.8% corresponde a carne (FIRA, 2010). El consumo de carne en México durante 2010 fue de aproximadamente 5.6 millones de toneladas, cantidad que es un 1.2% mayor que lo producido en 2008. El consumo per cápita de carne de ovino es de aproximadamente 1.0 kg, cantidad sumamente inferior comparada con el consumo de otras carnes. En el 2009, el consumo per cápita de carne de pollo, cerdo y res se ubicó en 29.6, 16.8 y 15 kilogramos respectiva-

^aCentro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Km. 67.5., Carretera Toluca-Cd. Altamirano, Gro., Col. Barrio de Santiago S/N, Temascaltepec, Estado de México. C. P. 51300. ^bInstituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato. Departamento de Ciencias Económico Administrativas. Posgrado de Administración. Av. Tecnológico y A. García Cubas s/n. Celaya, Guanajuato. C.P. 38010. *Autor para correspondencia

mente (FIRA, 2010). Es por ello que la producción de ganado en la granja sea sólo un primer paso de un proceso, a menudo largo, de proporcionar a los consumidores de productos agropecuarios que requieren para su alimentación. A medida que la población crece y los ingresos aumentan y así como la población tiende emigrar a las ciudades en busca de mejores condiciones de trabajo, y como las redes de transporte se desarrollan, el rol del sistema de comercialización llega a ser cada vez más importante. Por lo tanto, en la presente investigación se analizaron los aspectos sociales y comerciales que caracterizan al sistema de producción ovina y se identificaron los canales de comercialización y se calcularon los márgenes de comercialización de la carne de ovino en el Sur del Estado de México, durante el año 2011, en los Municipios de Tejupilco y Amatepec, Estado de México. Como resultados se obtuvo que las explotaciones que integran el sistema ovino fueron en un 90% familiar o de traspato. El 90% de los propietarios son hombres, con una edad promedio de 52.5 años, el 27% concluyó la primaria. El 82% de las explotaciones ovinas se desarrolla en tierras privadas. El 87% utiliza mano de obra familiar. El fin de la producción es la venta en pie (90%). La comercialización se efectúa mediante canales largos con los intermediarios (79%), mientras el 21% de la venta del rebaño es efectuada directamente con el consumidor final. El productor obtuvo 21.16% del precio que pagó el consumidor final por kilogramo de barbacoa. Los intermediarios (barbacoero y acopiador de ovino en pie) alcanzaron el mayor margen de comercialización (78.84%). El barbacoero logra la mayor relación beneficio costo (9.20). El canal de comercialización tradicional fue productor, acopiador de ovino en pie, barbacoero y consumidor final.

Palabras clave: ovinos, carne ovina, comercialización, canales de comercialización, márgenes de comercialización.

INTRODUCCIÓN

La importancia de los pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) radica en que contribuyen al bienestar socioeconómico de la población sobre todo de países en vías de desarrollo en términos de nutrición, ingresos y beneficios intangibles (representan una forma de ahorro o seguridad para hacer frente a emergencias económicas, con propósitos culturales y sociales) que no pueden ser sobrestimados (Kosgey, 2004). Por tanto, los pequeños rumiantes también juegan un papel complementario con el ganado en la utilización de los recursos alimenticios disponibles y proporcionan uno de

los medios prácticos de usar grandes extensiones de pastizales naturales en regiones donde la producción de agrícola no es practicada.

La ganadería ovina es caracterizada por una gran diversidad de sus productos, son capaces de producir carne (en competencia con otros animales criados en granjas), leche (en competencia con cabras y vacas), lana (su principal producto) y piel (Boutonnet, 1999; Zygoyiannis, 2006; Kosgey *et al.*, 2008), sus sistemas de producción, sus roles en la contribución a la dieta nacional y su importancia en la agricultura de diferentes regiones (Flamant *et al.*, 1982).

La población mundial de ovinos es de aproximadamente 1,078.9 millones de cabezas (FAO, 2012). Existen enormes variaciones de producción ovina entre las diferentes partes del mundo y sus porcentajes. La mayor producción de ovinos es observada en Asia, seguido por África, representando alrededor del 42 y 28% respectivamente, con ello, estos continentes concentran alrededor del 70% de la producción mundial de ovinos. El porcentaje menor de ovinos es encontrado en América, ya que se figura un porcentaje cercano al 9%, con alrededor de 93 millones de cabezas ovinas (véase figura 3).

El número de ovinos en el mundo ha disminuido alrededor de un 89% del total de cabezas de ovinos (1,208 millones) encontradas en 1990. Durante los últimos cinco años, el inventario universal de ovinos se ha estado reduciendo alrededor del 1% (véase figura 4).

El estancamiento quinquenal de la producción de carne ovina continuó en 2011 a raíz de la disminución de los rebaños en Oceanía, Europa y América del Norte, y de los niveles máximos de mortalidad del ganado ovino provocada por la sequía en el Cuerno de África. En China, que posee cerca de una tercera parte de todos los pequeños rumiantes, el crecimiento de la producción se está desacelerando ya que las autoridades han restringido muchas actividades de la explotación ovina con el fin de evitar la erosión y la desertificación y preservar el medio ambiente. En Oceanía, que abastece más de dos terceras partes de las exportaciones mundiales, la producción debería de descender en un 8 por ciento, ya que un clima riguroso afectó a la reproducción en Nueva Zelanda, mientras que en Australia los productores están reteniendo los corderos para reponer los rebaños, en vista de unos precios cercanos a los niveles máximos (FAO, 2011).

En África, dos temporadas consecutivas de precipitaciones considerablemente inferiores a la media en el Cuerno de África se tradujeron en el agotamiento de los recursos de pastos en Etiopía, Kenia y Somalia y en una significativa tasa de mortalidad del ganado. En Etiopía, las tasas de mortalidad en las zonas afectadas por la sequía se estiman en alrededor de 60

Figura 3
Millones de cabezas de ovinos en diferentes partes del mundo (FAO, 2012)

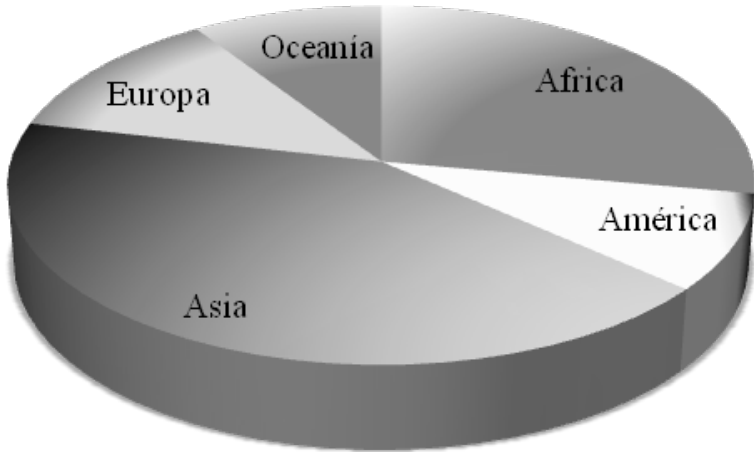
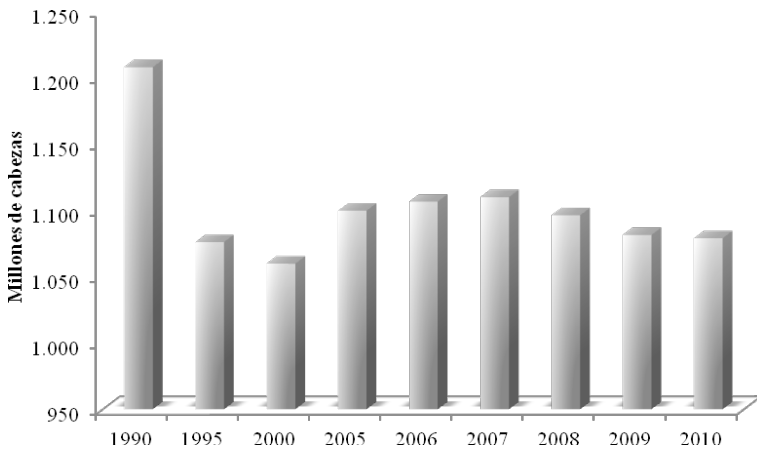


Figura 4
Millones de cabezas de ovinos en diferentes partes del mundo (FAO, 2012)



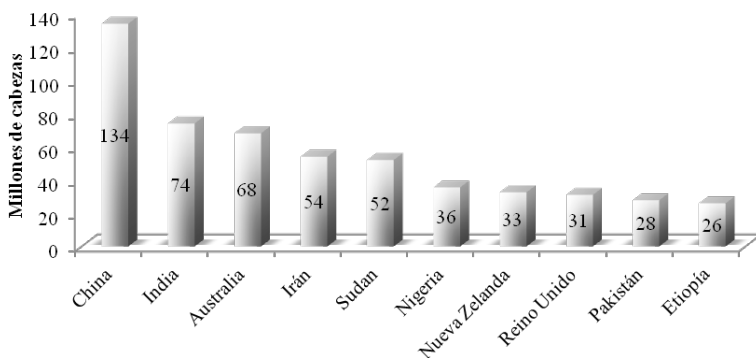
por ciento en el ganado vacuno, 40 por ciento en los ovinos, y 25-30 por ciento en los caprinos.

En el Sudán, los precios de los ovinos se han triplicado a niveles sin precedentes ya que el consumo interno se mantiene firme y la escasez en los mercados del Oriente Medio, una región que depende sobremanera de las importaciones de ovino vivo de Australia y del Cuerno de África, está estimulando los envíos de animales vivos. En Asia, las inundaciones monzónicas registradas en las partes meridionales del Pakistán, el cuarto productor mayor de carne de ovino y un exportador importante al Oriente Medio, han puesto en situación de riesgo a millones de animales, varados por las aguas y expuestos a infecciones parasitarias, enfermedades y escasez de pienso.

El número total de ovinos en los diez principales países del mundo son presentados en la figura 5. Estos 10 países concentran aproximadamente el 49.6% de la producción mundial de ovinos. Cuatro de los países se encuentran en Asía, tres en África y el resto en Oceanía y Europa. El productor de ovinos más grande en el mundo es China, seguido por India, Australia e Irán. El número de ovinos en esos cuatro países constituyen aproximadamente el 30% de la producción mundial.

Mientras aumentan las exportaciones de los proveedores no habituales, como la Argentina, la India y la República Islámica del Irán, la disminución de los suministros exportables en Australia y Nueva Zelanda está rebajando las exportaciones mundiales en 2011 a 824 000 toneladas, un 3 por ciento menos que en 2010. Las entregas menores de animales vivos del Cuerno de África afectado por la sequía están pesando sobre los mercados y contribuyendo a alzas de los precios que superan el 80 por ciento en los países medio orientales. En muchos de los países del Oriente Medio que dependen sobremanera de las importaciones, la escasa disponibilidad de carne de ovino y de animales vivos se ha traducido en un aumento de los precios, y dio lugar a una serie de políticas que van desde las subvenciones a los precios del ovino en Qatar y la fijación de precios en los Emiratos Árabes Unidos hasta las subvenciones a los forrajes en Arabia Saudita. En otros mercados, los altos precios mundiales están limitando las entregas a China, mientras que la disminución de las importaciones de la UE se está viendo compensada por las entregas mayores a los Estados Unidos, donde el inventario ovino ha descendido a los niveles más bajos en 100 años y los precios han aumentando en un 70 por ciento, en vista probablemente de la demanda creciente de carne de ovino y de caprino ante las variaciones demográficas.

Figura 5
Principales países productores de ovinos
en el mundo (FAO, 2012)



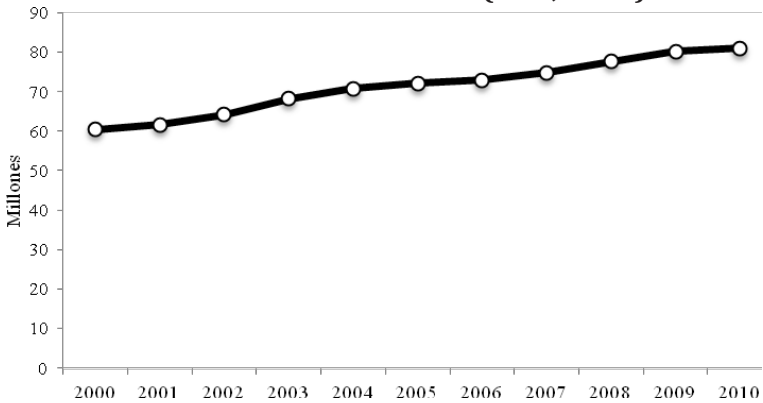
Ovinos en México

En México se producen ovinos en casi todo el territorio nacional, existe una gran variedad de sistemas de producción y cada uno se distingue por tener condiciones muy particulares en cuanto a la raza o cruzamientos utilizados, el régimen de alimentación, la edad y peso a la venta y el origen de la producción, entre otros. Esto hace que la oferta de corderos a lo largo del año sea irregular y existan diferencias marcadas entre los corderos de diferentes zonas o tipos de explotación. De manera general, la mayoría de los productores determina su producción en función a sus propias necesidades, más que en condiciones de mercado.

La distribución geográfica del ovino abarca la mayoría de los estados de la República Mexicana, en el 2000 la población ovina fue de aproximadamente 6 millones de cabezas (véase figura 6), reflejándose un aumento de la población del 25.4% en el 2010 (8.1 millones de cabezas) y 1.7% de crecimiento por año de acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2012).

La producción nacional de carne de ovino se incrementó en los últimos seis años en 33% pasando de 42,315 a 56, 546 tons de carne en canal (SIAP, 2011); dicho volumen no fue suficiente para cubrir el alto crecimiento de la demanda interna del país, por lo que se tuvieron que realizar importaciones de 32, 110 tons (FAO, 2011), lo que representó alrededor del 37% del Consumo Nacional Aparente, el cual se situó en aproximadamente 90,000

Figura 6
Población ovina en México (SIAP, 2012)



tons en 2010, por su parte, el consumo per cápita de la carne ovina se ubicó en 1.0 kg (véase figura 7).

Suárez y Sagarnaga (2000) mencionaron que una disponibilidad per cápita de carne ovina como la registrada en México es baja, comparada con carne de otras especies pecuarias, indicando que los mexicanos consumen poco de este producto cárnico, debido entre otros, al elevado costo del producto (barbacoa). Sin embargo, si se consideran tres aspectos importantes, una reducción de 0.9% del crecimiento de la población humana en el período de 2005 a 2009 (INEGI, 2009), una disminución de las importaciones (6.8%) de carne ovina registrada de 2004 -2007, así como el crecimiento de la producción de carne ovina (9.5%) en México; la producción de carne ovina no ha sido suficiente para cubrir la demanda nacional, lo que representa una oportunidad de producción y mercadeo para los productores en esta actividad.

El estado de México es la entidad que cuenta con el mayor número de ovinos en el país, cercano a 1.3 millones de cabezas, equivalente a 15% del total nacional; con lo que se obtuvo un volumen de producción de carne de 8, 421 toneladas de carne en canal, seguido por Hidalgo con un porcentaje cercano al 13% (véase cuadro 24).

También se puede observar que algunos estados producen de manera más eficiente que otros. Así pues los estados con mayor tradición borreguera, son los estados con mayor número de cabezas, sin embargo no todos son los que producen con mayor eficiencia.

Cuadro 24

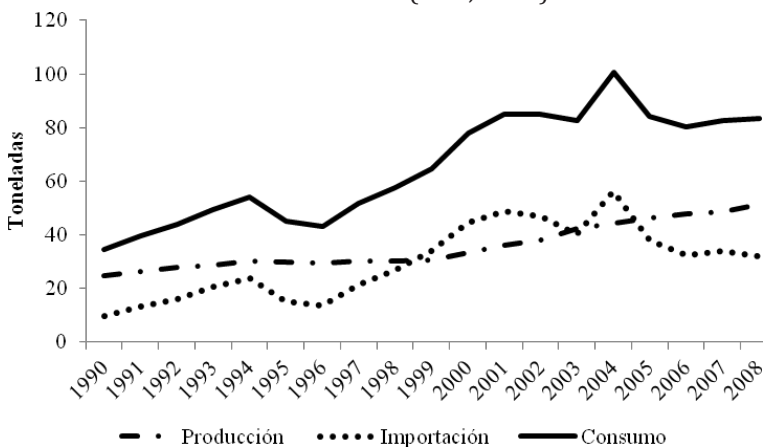
Principales regiones productoras de ovinos (SIAP, 2012)

Estado	Población ovina	Toneladas carne en canal
Estado de México	1, 289, 321	8, 421
Hidalgo	1, 055, 678	6, 927
Veracruz	650, 348	4, 925
Oaxaca	570, 598	1, 659
San Luis Potosí	450, 657	1, 897
Puebla	441, 249	3, 853
Jalisco	343, 066	3, 845

Como ejemplo se encuentra a los estados de Puebla y Jalisco que superan en un 22% de eficiencia a los estados tradicionalmente como el estado de Oaxaca y San Luis Potosí. La razón principal que interviene en este aspecto es el tipo de sistemas que predominan en una y otra región, en Puebla y Jalisco predominan los sistemas empresariales y en el estado de Oaxaca y San Luis Potosí prevalecen los sistemas tradicionales o de subsistencia.

La producción de ovinos en México, está orientada, principalmente, hacia la producción de carne cuyo manejo es realizado bajo distintos sectores, por un lado, los pequeños productores, con un reducido número de ca-

Figura 7
Consumo Nacional Aparente, producción e importación de carne ovina en México (SIAP, 2012)



bezas de ovinos, quienes no consideran la actividad como una alternativa para lograr un beneficio económico más allá del simple ahorro, que hacen uso en condiciones económicas de emergencia; por otro lado está la ovino-cultura empresarial de vanguardia, la cual se caracteriza por la producción de animales para el abasto y generación de pie de cría de alta calidad genética, con grandes rebaños y donde se pretende una utilidad financiera sobre la inversión (Cuellar, 2003).

El consumo de la carne de ovino en México casi en su totalidad (95%) es a través del alimento típico, *barbacoa*, considerado como un platillo de lujo resultado de la cocción de la canal ovina cubierta en pencas de maguey en horno subterráneo o en bote de metal. La barbacoa se consume en grandes cantidades durante los fines de semana en el centro de México (Distrito Federal, estados de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala), siendo también uno de los componentes del menú ofrecido en los eventos sociales.

La carne de ovino se comercializa por diferentes canales de comercialización que permite que el producto llegue al consumidor final. Los pequeños productores de ovinos venden los ovinos en pie, ya que comercializan su producto por la ruta más necesaria y no por la que ellos eligen (Roets *et al.*, 2005); mientras que los grandes productores la comercialización la realizan bajo un sistema más organizado, con más recursos económicos y cuentan con información de mercados, entre otros aspectos.

Comercialización

Las funciones del sistema de comercialización incluyen el almacenamiento de los productos hasta que son requeridos, la transformación de las materias primas en productos finales que demandan los consumidores, y el traslado de los productos desde el punto de producción hasta el punto de consumo. Además, el sistema de comercialización también tiene que proporcionar a los agricultores los insumos requeridos para la producción agrícola y a los consumidores los bienes de consumo necesarios en las zonas rurales.

Un sistema de comercialización eficaz no solo debe proporcionar estos servicios físicos de forma rentable, sino también ayudar a aumentar los ingresos agrícolas y reducir los precios al consumidor final, por lo que debe actuar como un canal de comunicación entre productores y consumidores asegurando que los productos adecuados se produzcan en cantidades apropiadas y comercializados en el momento correcto (Smith, 1992).

Los agentes de comercialización, al igual que cualquier agricultor u otro tipo de negocio, únicamente pueden continuar operando si reciben

una utilidad razonable para compensar sus esfuerzos. Sin embargo, la comercialización puede ser un negocio sorprendentemente costoso y arriesgado. Por desgracia, la ignorancia de este hecho está muy extendida, y es una de las razones principales para que funcionarios y políticos, a menudo erróneamente, acusan a los intermediarios de que “explotan” a los agricultores y/o consumidores.

Un margen de comercialización es la diferencia entre el valor de un producto o un grupo de productos en una etapa en el proceso de comercialización y el valor de un producto equivalente o grupo de productos en otra fase. La medición de este margen indica cuánto se ha pagado por el tratamiento y servicios de comercialización aplicados al producto (s) en esa etapa particular en el proceso de comercialización. El análisis de los márgenes es, por lo tanto, el primer paso en el suministro de la información fáctica necesaria para disipar las falsas ideas que a menudo surgen cuando se evalúa el desempeño del sistema de comercialización de alimentos. Del mismo modo, pueden proporcionar pistas a las debilidades e ineficiencias en el sistema. Por ejemplo, algo puede estar mal, si el margen de un producto varía claramente del de productos similares comercializados a través de diferentes canales. Sin embargo, los márgenes de la estimación es sólo una parte de la historia. Para obtener más información es necesaria para desagregar el margen y el cálculo de los costos de comercialización asociados con los diferentes servicios (Smith, 1992).

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar los aspectos socioeconómicos que caracterizan al sistema de producción ovina en los municipios de Tejupilco y Amatepec, estado de México; así como describir la comercialización de la carne de ovino en los diferentes canales de mercadeo y calcular los márgenes de comercialización de la carne de ovino producida en esa región con el propósito de aumentar el conocimiento de dichos márgenes de a fin de proporcionar a los investigadores, funcionarios gubernamentales y aquellos involucrados en la comercialización física con consejos sobre la forma de calcular o estimar los márgenes de comercialización. El acceso a esta información podría ayudar a identificar las debilidades y fortalezas de la producción y comercialización de la carne ovina y sugerir mejoras que aumenten la rentabilidad para los ovinocultores, reducir los costos de comercialización y mejorar la calidad del servicio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en los municipios de Tejupilco y Amatepec, ubicados en el Sur del Estado de México, durante el año 2011, utilizando un muestreo por intención (Cochran, 1984).

Caracterización de la producción ovina

Para realizar la caracterización del sistema de producción de los ovinos en los municipios señalado anteriormente se siguió este procedimiento:

Se efectuó una amplia versión documental, considerando las diversas fuentes de información oficiales y centros de investigación.

Se visitó y entrevistaron a 22 productores de ovinos y personal del DDR (Distrito de Desarrollo Rural) de Tejupilco (figura 8), así como a técnicos y especialistas en la producción de ovinos utilizando formatos de entrevistas semi-estructuradas que incluían tres secciones: a) datos generales de la explotación, b) información técnica y productiva; y c) aspectos económicos y de comercialización de las unidades de producción ovina. Asimismo, se hicieron observaciones directas de aspectos técnicos, manejo e infraestructura de las unidades de producción.

Se caracterizó el sistema de producción bajo las siguientes variables: variables socioeconómicas (edad, sexo, nivel de escolaridad, tipo de mano de obra empleada, régimen de tenencia de la tierra, diversificación de la producción, fin de la producción y problemática de la producción), así como de la estructura productiva (superficie, número de cabezas, instalaciones y equipo, asistencia técnica, medios de trabajo).

Márgenes de comercialización

Para obtener información referente a la comercialización de la producción se identificaron los principales agentes que intervienen en el proceso de comercialización; se entrevistaron a 7 acopiadores de ovino en pie y 4 transformadores de la canal a carne cocida (barbacoa), conocidos como barbacoeros. Se abordaron fundamentalmente aspectos concernientes a los precios de compra y venta de los ovinos, así como los principales costos de comercialización en los que se incurren durante proceso, de tal forma que se pudieran calcular los respectivos márgenes de comercialización.

Para el cálculo de los márgenes de comercialización se utilizó la metodología propuesta por García *et al.* (1990), en la cual se dispone de dos sistemas: el directo y el indirecto. El sistema más perfecto es el directo y

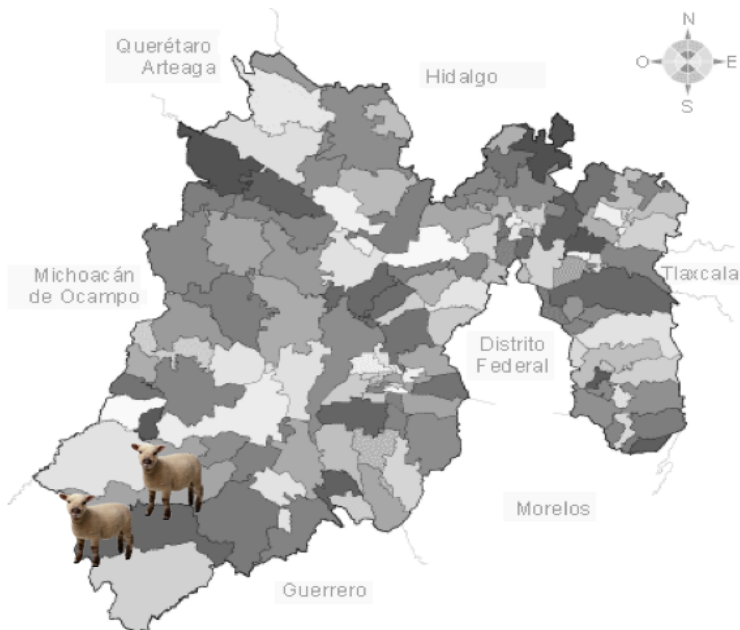
consiste en: a) seguir lotes estadísticamente representativos de productos agrícolas, desde que salen de la explotación hasta que llegan al consumidor, b) tomar nota de los distintos costos y precios que se van produciendo a su paso por los distintos agentes y c) imitar la investigación a lotes representativos del movimiento de los productos agrícolas, usando para el efecto muestreo estadístico para seleccionar las partidas a estudiar. Esto con el objeto de que los resultados puedan considerarse como una estimación de los márgenes verdaderos.

El sistema directo suministra información muy completa para el cálculo de los márgenes totales y sus componentes, pero el procedimiento es muy complicado y costoso. Sin embargo, es un sistema adecuado para estudiar los márgenes de determinados canales o productos.

Un sistema menos perfecto es el indirecto. Éste consiste en comparar las estadísticas o las informaciones de precios en las distintas fases de la comercialización.

Un inconveniente de este sistema consiste en que frecuentemente las estadísticas disponibles no se refieren a productos comparables en lo que

Figura 8
Ubicación del área de estudio



respecta a la calidad y otras características físicas, así como tiempo transcurrido entre las distintas fases a que se refieren los precios para la comparación de los mismos. Es por esto, que en ocasiones es recomendable combinar ambos sistemas.

En la presente investigación se utilizó el sistema directo, que aunque es más complicado y costoso, es más confiable y veraz con respecto a la información obtenida.

La información de los precios de compra y venta se obtuvo directamente de los agentes identificados en el proceso de comercialización, los cuales fueron ponderados por sus respectivas cantidades compradas y vendidas de producto para obtener precios más reales.

Para la estimación de los márgenes de comercialización se debe tener cuidado de que en todo el proceso la información utilizada sea comparable, es decir, que se refiera a la misma unidad y calidad de los productos, ya sean elaborados o no elaborados.

En el proceso de comercialización de la carne ovina desde el productor hasta el consumidor final, se obtienen diversas presentaciones de venta de la carne de ovino; en la comercialización del ovino en pie los precios de venta son directamente comparables en todo el proceso, de manera que en este caso no existe ninguna dificultad para la estimación de los márgenes. Sin embargo, en la comercialización de la carne de ovino es evidente que los precios que recibe el productor por la venta de ovino en pie no son directamente comparables con los precios de venta de la carne ovina y barbacoa. La no comparabilidad de dichos precios se debe a que en el proceso de comercialización del ovino en pie se obtiene carne y subproductos. En este caso para el cálculo de los márgenes se tiene que resolver el problema consistente en determinar el valor equivalente a un kilogramo de carne de ovino recibido por el productor y la cantidad de carne requerida para producirlo. Para el caso particular del barbacoero, se tiene que determinar cuál es el rendimiento de un kilogramo de carne magra a carne cocida. De esta manera, los márgenes de comercialización se estimaron por la diferencia entre el precio pagado por el consumidor y el valor equivalente pagado al productor y entre niveles intermedios (García *et al.*, 1990). Para calcular el margen absoluto de comercialización (M) se restó el precio de compra (Pc) al precio de venta (Pv) menos los costos de comercialización (Cc), esto es, $M = P_c - P_v - C_c$.

Y los márgenes comerciales relativos de la carne de ovino en canal se calcularon de la siguiente manera:

El margen bruto de comercialización (MBC) se calculó en relación con el precio final o precio pagado por el último consumidor y se expresó en porcentajes.

Se calculó la participación directa del productor (PDP) que es la porción del precio pagado por el consumidor final que corresponde al agricultor.

El margen neto de comercialización (MNC) se calculó por el porcentaje sobre el precio final que percibe la intermediación como beneficio neto, al deducir los costos del mercadeo.

Para el cálculo de los márgenes de comercialización de la carne ovina se definieron como componentes del costo de comercialización (Cc) a la mano de obra utilizada en el proceso de transformación, los costos de acarreo del lugar de compra al lugar de venta, la energía eléctrica, la depreciación de la maquinaria y equipo, gastos administrativos diversos, seguros, mano de obra indirecta y otros costos que puedan surgir durante el proceso de comercialización, como costos de transformación de la carne ovina.

En el cálculo de los márgenes de comercialización se consideraron las siguientes variables: El coeficiente de rendimiento de la carne en canal de los ovinos y el coeficiente de rendimiento de la canal a carne cocida (barbacoa) y subproductos de crudo a cocido (pancita), en la zona de estudio, se obtuvo directamente de los preparadores del producto final (barbacoeros), así como las pérdidas de peso por conceptos de mermas por transporte del rancho al lugar del sacrificio de los animales provino de los acopiadores y barbacoeros.

Los precios que se utilizaron para calcular los márgenes de comercialización están expresados a precios corrientes, y estos fueron: precios del ovino en pie en la unidad de producción, precios de entrada a sacrificio (*in situ*), precios al consumidor final del producto transformado a barbacoa y subproductos (pancita). Para hacer comparables los precios en cada fase de comercialización se calculó el valor equivalente al productor de ovino en pie a entrada a sacrificio (*in situ*) y de la carne en canal transformada a barbacoa y pancita al consumidor final. Los márgenes de comercialización se calcularon por la diferencia entre el precio de venta de una unidad de producto por los agentes de comercialización y el pago efectuado en la compra de la cantidad equivalente a la unidad vendida (Caldentey, 1979; García *et al.*, 1990).

RESULTADOS

Características de los productores

En el Sur del Estado de México, la producción de ovinos es desarrollada básicamente por hombres (90%), sin embargo se hace notar la inclusión de las mujeres y niños dentro de este sector pecuario al realizar las actividades correspondientes al cuidado y mantenimiento del rebaño. La edad

promedio de los productores fue de 52.5 años, con un rango entre los 20 y 70 años, lo cual indica el creciente interés tanto de personas jóvenes como adultos en incorporarse y mantenerse en este tipo de actividad, este dato coincide con lo reportado por Morantes *et al.* (2008), al encontrar que los productores de ovinos tienen una edad promedio de 58.6 años (véase cuadro 25).

Cuadro 25
Perfil de los productores

Variable	Promedio	Porcentaje
Sexo del productor		
Hombre		90.0
Mujer		10.0
Edad del productor (años)		
Edad mínima	52.5	
Edad máxima	20	
	70	
Escolaridad (años)		
No realizaron ningún estudio	5.9	27.27
Hasta el tercer año de primaria		13.64
Primaria completa		27.27
Secundaria		13.64
Carrera técnica		9.09
Licenciatura		9.09
Ocupación del productor		
Agricultor		45.45
Ganadero		13.64
Ama de casa		13.64
Estudiante		9.09
Empleado de gobierno		4.55
Agricultor y ganadero		13.64

El 72.73% de los productores cuenta con algún grado de escolaridad, aunque una alta proporción sólo concluyó la educación básica y la otra parte no concretó sus estudios de primaria. Se destaca también un elevado grado de analfabetismo (27.27%), ya que como mencionan Valerio *et al.*

(2009) la alta tasa de productores sin formación podría asociarse a niveles elevados de pobreza, característicos de zonas rurales donde tradicionalmente se desarrollan las explotaciones de ovinos y caprinos.

En cuanto a la ocupación de los productores, existe una gran diversificación, se caracterizan por combinar la producción ovina con la producción agrícola (45.45%) y la ganadería (13.64%), o bien, las actividades domésticas y burócratas (18.19%), y el 13.64% combina rubros de origen animal y vegetal en la finca. Estos resultados coinciden con Nuncio *et al.* (2001) en estudios realizados en el estado de Tabasco.

Estas características del productor tienden a garantizar la continuidad de la explotación en el corto y mediano plazo, aunque su edad es avanzada, que es indicativa de experiencia en la actividad, como lo sugiere Acero (2001), pero que al mismo tiempo limita la adopción de decisiones en inversiones, innovación, aceptación e implementación de cambios tecnológicos en el modelo de explotación desarrollado tradicionalmente (Valerio *et al.*, 2009).

Mano de obra

El 87.27% de las explotaciones ovinas utiliza mano de obra familiar, este porcentaje muestra la importancia de los sistemas de producción ovina para la economía de las familias de la población estudiada. El restante 12.73% de la mano de obra empleada es de tipo contratada. En Venezuela, Morantes *et al.* (2008), reporta que la mano de obra familiar es altamente empleada (84.6%) para las explotaciones ovinas, por su parte Valerio *et al.* (2009) mencionan que el sistema ovino y caprino, en la República Dominicana, muestra un claro perfil familiar donde más del 78% de los casos, la explotación supone una forma de autoempleo para la unidad familiar. El propietario realiza generalmente actividades en la mañana y durante el día; el resto del trabajo, por la tarde, es aportado por la mujer, los hijos y en caso de existir, la mano de obra contratada.

Uso de la superficie

En el cuadro 26 se muestra que el uso y la tenencia de la tierra dedicada a la explotación de ovinos esta relacionada con el sistema de explotación. Las explotaciones ovinas en el Sur del Estado de México se desarrollan básicamente en terrenos privados en mayor proporción (81.82%) en relación al uso de tierras ejidales o bien prestadas (18.19%), lo cual difiere de lo reportado por Valerio *et al.* (2009), quienes describen que las explotaciones de pequeños

rumiantes se desarrollan básicamente (84%) en tierras de titularidad pública; por su parte Bonilla *et al.* (2008), mencionan que en Campeche, el 83% del pastoreo se realiza principalmente en terrenos comunales. La propiedad privada constituye una importante oportunidad para el crecimiento del sistema de explotación ovina, lo cual favorece al crédito y facilita las inversiones tendientes a mejorar la estructura productiva de los ovinos.

Cuadro 26
Uso de la superficie agrícola

Concepto	Promedio	Porcentaje
Tenencia de la tierra		
Ejidal		13.64
Privada		81.82
Prestada		4.55
Diversificación de la producción		
Superficie total del terreno (ha)	2.0	
Cultivos		
Maíz		80.76
Frijol		15.38
Forrajes		3.84
Especies ganaderas		
Bovinos		75
Otras		25

En cuanto a la diversificación de la producción, los productores de la zona de estudio combinan la superficie total del terreno (2 ha) utilizada para realizar otras actividades agropecuarias entre las que destacan en orden de importancia la producción agrícola, como los cultivos de maíz (80.76%), frijol (15.38%) y forrajes (3.84%) y la ganadería bovina principalmente. La diversificación de la producción como sistema multipropósito bovino-ovino-cultivo es la modalidad de organización común que representa una explotación económica y forma base del sustento familiar (Nuncio *et al.*, 2001).

Instalaciones y maquinaria

La mayoría de las fincas posee corrales rústicos destinados para el encierro de los ovinos durante la noche (72.72%), caracterizándose por ser áreas

cercadas con madera, techos principalmente de lámina galvanizada y/o de cartón, con pisos de tierra. Bajo estas características, los productores buscan mantener sus rebaños a resguardos de depredadores y del abigeato (Morantes *et al.*, 2008). Sin embargo hay productores (18.18%) que mantienen su rebaño, incluso, bajo intemperie. El 9.09% de las fincas cuenta con comederos de madera, plástico o metal, características que corresponden básicamente al sistema semi empresarial (véase cuadro 27).

Cuadro 27
Instalaciones y maquinaria

Concepto	Porcentaje
Instalaciones y equipo	
Patio de la casa	18.18
Corrales rústicos	72.72
Corrales semitecnificados	9.09
Medios de trabajo	
Yunta	66.66
Tractor	19.04
Vehículo	14.28

Un 66.66% de las fincas utiliza como medios de trabajo la yunta y el 33.32% posee maquinaria y vehículos. Estas cifras pudieran indicar la existencia de limitaciones económicas del productor para adquirir nueva tecnología para la mejora y aprovechamiento de sus instalaciones.

Estructura y manejo de los sistemas de producción ovina

El cuadro 27 bis muestra que el sistema de producción ovina predominante en el Sur del Estado de México es tradicional o de traspatio en un 90.10%, caracterizado por tener rebaños de entre 4 y 21 animales; los animales son pastoreados con vegetación nativa de la región y por la noche se encierran en corrales rústicos, sin ningún manejo, no hay inversión ni uso de tecnología. Asimismo, el 9.09% corresponde a un sistema de tipo semi-intensivo o semi-empresarial, en el cual existe cierta inversión pero se desconocen sus costos de producción; son rebaños con poco manejo y sin asesoría. Se caracteriza por tener rebaños de entre 22 y 118 ovinos por unidad.

El 86.4% de las unidades de producción no recibe asistencia técnica; el 13.6% contrata a un veterinario de la zona para que haga los trabajos de

Cuadro 27 bis
Estructura y manejo de los sistemas
de producción ovina

Concepto	%
Sistema de explotación	
Traspatio	90.10
Semi-empresarial	9.09
Intensivo	0.00
Número de cabezas por explotación	
Traspatio	9.2
Semi-empresarial	76.5
Manejo de la alimentación (%)	
Pastoreo	100
Alimento comercial	
Asistencia técnica (%)	
No	86.4
Si	13.6

desparasitar el rebaño ovino por lo menos una vez al año; sin embargo es muy común observar que durante el año, los ovinos, tanto los que no reciben asistencia médica como los que si, generalmente presenten algunas enfermedades que no son controladas y esto conlleva a la muerte de los animales, resultando serias disminuciones en el inventario de su rebaño y por lo tanto pérdidas económicas para el productor. El mejoramiento de la alimentación, aunado a programas de control sanitario, aumentaría la eficiencia reproductiva y la producción animal, lo que se traduciría en mayores ingresos económicos, principalmente en las unidades de producción de traspatio o tradicionales (Nuncio *et al.*, 2001).

Problemática de la actividad productiva

Los principales problemas que obstaculizan el desarrollo de la producción ovina en la región Sur del Estado de México son, el alto precio de los insumos para la alimentación (40.91%) seguido por los bajos precios del ganado en pie (27.27%), dado en que en muchas ocasiones, la única posibilidad de comercialización es mediante la venta a intermediarios, los que especulan con el precio y compran los ovinos al bulto. Las enfermedades (22.73%), son un factor determinante para el desarrollo de esta actividad

ya que los productores al no controlar este factor genera temor por invertir más recursos a esta actividad.

Comercialización

La finalidad productiva de las explotaciones ovinas es principalmente la venta y autoconsumo. Una parte de la producción, que se estima en 10%, se canaliza al autoconsumo, que principalmente se consume en las reuniones familiares y otras actividades de carácter social. Este bajo nivel de autoconsumo puede indicar la orientación comercial y empresarial que caracteriza fundamentalmente a estos sistemas de producción, que destinan más del 80% de la producción de ovino al mercado de la carne, repercutiendo de manera importante en los ingresos de las familias para satisfacer sus necesidades económicas básicas, representando también una forma de ahorro del que hacen uso en condiciones de emergencia y en la generación de empleos.

La comercialización de los ovinos en el Sur del Estado de México es realizada durante todo el año; sin embargo el mayor volumen de ventas y los mejores precios se presentan en la época de las clausuras escolares y en las fiestas de Navidad, en los meses de Julio y Diciembre respectivamente.

La comercialización de los ovinos inicia cuando los productores venden sus ovinos en pie, en la mayoría de los casos (80%), sin ningún criterio de selección, resultando desventajoso para el productor al subestimarse el peso y la calidad del animal ofertado. En el 10% de los casos se seleccionan a los animales que han alcanzado un peso aproximado de 44 kg; otro criterio para la venta es que la edad del ovino (10%) oscila entre los 14 y 18 meses de edad, siendo la edad preferente de venta por los ovinocultores para alcanzar un buen precio de venta. Los ovinos son vendidos a un agente de comercialización (acopiador de ovino en pie y barbacoero) en un 79%, el resto es adquirido por el consumidor final. Cabe mencionar que la mayoría de los intermediarios acuden directamente al domicilio del productor para hacer la transacción, lo que representa una ventaja para el productor al no incurrir en gastos de transporte para vender sus animales, pero limita la comercialización de los animales determinando la preferencia de los productores por la venta de animales vivos (Morantes *et al.*, 2008).

De los acopiadores, el 50% revende el cordero en pie a barbacoeros y el resto directamente al consumidor final. Cabe mencionar que el 28% de los acopiadores entrevistados también actúa como productor de ovinos, es decir, este agente desempeña dos funciones dentro del sistema de comercialización de los ovinos de pelo. Por su parte, el barbacoero sacrifica a los ovinos *in situ* similar a lo reportado por (Mondragón *et al.*, 2012) en

el municipio de Capulhuac, estado de México; se cocina la canal ovina cubierta con pencas de maguey en un horno subterráneo o en un bote de metal, obteniendo el platillo conocido como barbacoa. Una característica muy particular para la venta de la barbacoa en el Sur del Estado de México es que el barbacoero mezcla la barbacoa de ovino con carne cocida de caprino (birria).

Agentes y canales de comercialización

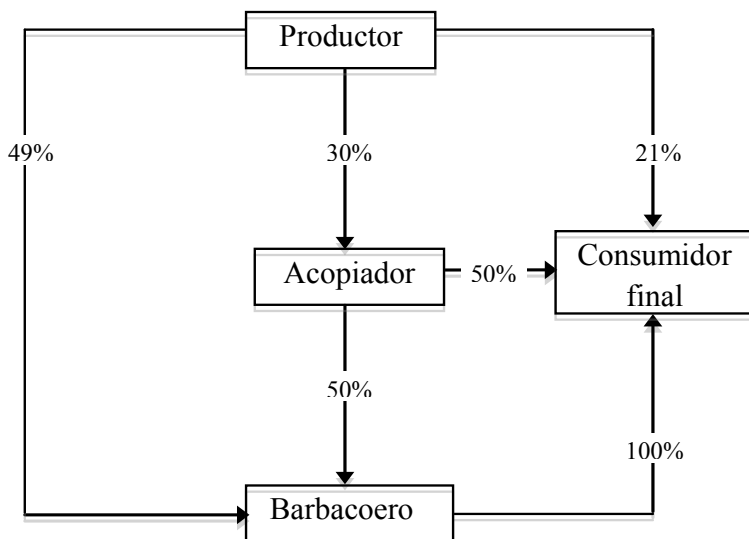
Los agentes identificados en la comercialización de los ovinos de Pelo en la región Sur del Estado de México fueron productor, acopiador de ovino en pie, barbacoero y consumidor final. Estos agentes forman varios canales de comercialización que permiten que los productos y subproductos derivados de los ovinos de pelo lleguen a manos del consumidor final.

En los municipios de Tejupilco, Amatepec y Luvianos, el canal tradicional utilizado para la comercialización de los ovinos de pelo es el integrado por productor – acopiador de ovino en pie – barbacoero – consumidor final. Dicho canal es similar a lo reportado por (Mondragón *et al.*, 2010) ya que encontraron que el canal comercial del municipio de Capulhuac, estado de México, fue productor – acopiador – barbacoero - consumidor final, lo cual es afín a lo obtenido en esta investigación.

Otro canal común utilizado por los agentes de comercialización está conformado por el productor quien vende sus ovinos, 49% de su producción, directamente al barbacoero y éste al consumidor final. Este porcentaje difiere de lo encontrado por Valerio *et al.* (2009) quien menciona un porcentaje para este mismo canal de 70%. Un canal más corto es cuando el productor vende su producto (30%) al acopiador y éste último al consumidor final (véase figura 9).

Por otro lado está el canal más corto de comercialización, que se efectúa de forma directa D'Aubeterre *et al.* (2007), entre el productor y el consumidor final. Su importancia se restringe al 21% de los casos, lo cual es un indicador de la escasa participación activa de los productores en el proceso de comercialización de los productos. En los canales de comercialización antes descritos, en el canal tradicional, principalmente, los productores se relacionan directamente con los acopiadores y barbacoeros por lo que no les permite agregar valor a sus productos y no tienen control en la fijación del precio que es dictado por los agentes intermediarios. En caso contrario, cuando los productores venden sus productos directamente con el consumidor final permiten al productor disponer de mayor autoridad en la fijación del precio, y además disponen de mayor información sobre los gustos y preferencias de los consumidores.

Figura 9
Canales de comercialización del sistema ovino en el Sur del Estado de México



Márgenes de comercialización

Con respecto a los márgenes de comercialización de la carne ovina transformada (barbacoa) existe un elevado margen de comercialización entre el productor y el consumidor, que es de 82.24% sobre el precio recibido por el productor. En este sentido, el precio pagado al productor fue de 42.61\$/kg, en tanto que el precio pagado por el consumidor fue de 240.00\$/kg (véase cuadro 28). Resaltando que el barbacoero fue el agente que se apropió de la mayor parte del precio final que paga el consumidor final (81.33%), seguido por el productor (17.75%) y acopiador (0.91%). Los porcentajes mencionados anteriormente, coinciden con los márgenes relativos de comercialización de la carne cocida de caprinos en el Sur del Estado de México, ya que Rebollar *et al.* (2007) reportan una participación de 20.42% y 79.58% para los productores e intermediarios, respectivamente.

El barbacoero se apropia de la mayor parte del margen de comercialización, seguido por el productor y acopiador de ovino en pie (véase cuadro 29). El barbacoero y productor presentan los mayores beneficio-costos, seguidos por el acopiador, así como también los mayores costos de comercialización por cada kilogramo de barbacoa vendida.

Cuadro 28
Márgenes de comercialización de la carne de ovino
con cocción (Barbacota), 2011

Agentes de comercialización	Absolutos \$/kg	Relativos (%)
A. Valor equivalente al productor	42.61	17.75
B. Valor equivalente al acopiador	44.80	18.66
C. Precio pagado por el consumidor final de la carne con cocción	240.00	100
D. Margen bruto de acopio de ganado ovino (B-A)	2.19	0.91
E. Margen bruto de entrada a sacrificio de ganado ovino (C-B)	195.20	81.33
F. Margen bruto total de comercialización de la carne con cocción en barbacoa (C-A)	197.39	82.24

Cuadro 29
Estructura porcentual de costos y ganancias
de los márgenes de comercialización, 2011.
Cifras en pesos por kg

Agente	Margen	Costos	Costos (%)	Ganancia	Ganancia (%)	B/C1
Productor	21.39	2.69	12.57	18.70	87.42	7.95
Acopiador	2.01	0.42	20.89	1.59	79.10	4.79
Barbacoero	240.00	22.00	9.16	218.00	90.83	10.90

¹Relación Beneficio – Costo, calculada con respecto al margen bruto de cada agente de comercialización

CONCLUSIONES

La producción de ovinos en el Sur del Estado de México es una actividad multifuncional muy importante dentro del subsector ganadero por el alto valor que representa para la economía del productor por su papel directo en la generación de ingresos y alimentos. El sistema de producción ovina predominante es el extensivo el cual está en manos de la población más vulnerable quien depende del ganado ovino como una red de seguridad en

lugar de emplearlo como la base de una empresa comercial puesto que los pequeños productores se enfrentan a numerosos desafíos.

Existe una escasa participación del productor en la comercialización del ovino al vender principalmente los ovinos a intermediarios y no directamente al consumidor final. Los intermediarios (barbacoero) son el agente más favorecido en el proceso de comercialización al apropiarse del mayor margen de comercialización, así como obtener la mejor participación del precio final de la barbacoa. Sin embargo, el papel de los intermediarios en el circuito de comercialización es crucial. A pesar de que son los que tienen las mejores ganancias por kilogramo de carne vendida, son un eslabón clave para el mercado de la carne ya que son los que manejan el mercado y sirven como un puente entre las necesidades de producción y consumo de la carne ovina.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ACERO, R. 2001. *Modelos Avanzados de gestión y optimización de la producción caprina extensiva en la provincia de Jaén*. Tesis. Universidad de Córdoba. España. 274 pp.
- BONILLA, LL. M., Juárez, B.M.M., Pérez, R.M.A., De Lucas, T.J. 2008. *Caracterización de sistemas de producción ovina en Escárcega*, Campeche, México. I. Aspectos generales y sociales. SOEC.
- BOUTONNET, J.P., 1999. "Perspectives of the sheep meat world market on future production systems and trends". *Small Rumin. Res.* 34, 189–195.
- CALDENTEY, A.P. 1979. *Comercialización de productos agrarios. Aspectos económicos y comerciales*, 2a. Ed. Edit. Agrícola española, Madrid, España.
- COCHRAN, W. G. 1984. *Técnicas de muestreo*, Ed. CECSA. México, D.F. 153 p.
- CUELLAR, O. J. A. 2003. *Perspectivas de la ovinocultura en México, Memorias del Segundo Seminario sobre Producción Intensiva de Ovinos*. Villahermosa, Tabasco.
- D'Aubeterre, R., Delgado, A., J. Armas, W. J., Rueda, M. 2007. *Canales de mercado y comercialización del producto cárnico (Ovis aries) en el estado de Lara*, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 25:205-209.
- FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA (FIRA). 2010. *Resultados de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) y Estimaciones de Pobreza, 2010*. En: <http://www.fira.gob>.

mx:8081/sas/docs/InformacionEconomica/Notas_de_Analisis/Resultados%20ENIGH%20%20y%20Pobreza%202008.pdf

- FLAMANT, J.C., Boutonnet, J.P., Dyrmondsson, S., Jankowski, P., Morand-Ferhr, J.J., Robinson, T., Treacher, Valls, O. M. *Sheep and Goats*. 1982. *Livestock Production Science*. 9:163-196.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2011. *Agricultural Statics*. On line: <http://faostat.fao.org>
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2012. *Agricultural Statics*. On line: <http://faostat.fao.org>
- GARCÍA M, García D. y Montero H. 1990. *Notas sobre mercados y comercialización de Productos Agrícolas*. Centro de Economía. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. De México. 115- 300 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI).2009. México hoy. México. pp. 229.
- KOSGEY, I. S., 2004. *Breeding Objectives and Breeding Strategies for Small Ruminants in the Tropics*. Ph.D. Thesis. Wageningen University, The Netherlands, 272 pp. (Disponible en: <http://www.library.wur.nl>).
- MONDRAGÓN, A. J., Domínguez, V. I. A., Rebollar, R. S., Bórquez, G. J. L., Hernández, M. J. 2012. "Margins of sheep meat marketing in Capulhuac, State of Mexico". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Vol. 15:105-116.
- MORANTES, M.; Rondón, Z.; Colmenares, O.; Ríos, L.; Zambrano, C. 2008. "Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el Municipio San Genaro de Boconoito". *Revista Científica FCV-LUZ*. V: 556-561.
- NUNCIO, Ochoa G., Nahed, Toral J., Díaz, Hernández B., Escobedo, Amezcua F., Salvatierra, Izaba B. 2001. "Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco", *Agrociencia* 35: 469-477. Pág. 471.
- REBOLLAR, R. S., Hernández, M. J., García, S. J.A., García, M. R., Torres, H. G., Bórquez, G. J. L. y Mejía, H. P. 2007. "Canales y márgenes de comercialización de caprinos en Tejupilco y Amatepec, Estado de México." *Agrociencia*. Vol. 41:363-370.
- ROETS, M.; Kirsten, F. 2005. "Commercialisation of goat production in South Africa". *Small Ruminant Research*. 60:87-196.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2011. En línea: www.siap.gob.mx.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2012. En línea: www.siap.gob.mx.

- SMITH, Lawrence D. Costs, Margins and Returns in Agricultural Marketing. 1992. *Marketing and Agribusiness Development Paper* No. 1. Roma. p. 1
- SUÁREZ, D. H., Sagarnaga, V.M. 2000. "Efecto de la globalización de mercados sobre la ovinocultura", en: *Memorias del V Curso: Bases de la cría ovina*. Agosto 23-24; Texcoco (Edo. de México) México (DF): Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, A.C. p. 178-190.
- VALERIO, D.; García, A.; Perera, J.; Acero, R.; Gómez, G. 2009. "Caracterización social y comercial de los sistemas ovinos y caprinos de la región noroeste de República Dominicana". *Interciencia*. 34: 637-644.
- ZYGOYIANNIS, D. 2005. "Sheep production in the world and in Greece". *Small Ruminant Research*. 62:143-147.

LA PORCICULTURA EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO: UN ANÁLISIS DE SU ESTRUCTURA PRODUCTIVA Y DE MERCADEO

FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ-RAZO,^a SAMUEL REBOLLAR-REBOLLAR,^a
JUVENCIO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ^a

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la estructura productiva de la porcicultura en el Sur del Estado de México; se estudian las distintas etapas que conforman el proceso de comercialización de dicha actividad y los diferentes agentes participantes, desde la salida del producto de la finca hasta su llegada al consumidor final. Asimismo, se calculan los márgenes de comercialización resultantes durante las diferentes etapas del proceso, los cuales son empleados como indicadores de rentabilidad. El estudio está referido al año de 2007, durante el cual se encuestó a un total de 17 productores de cerdo, dos acopiadores, 28 detallistas y 37 consumidores de carne de cerdo. La intención de las encuestas consistió en recabar información referente al proceso de producción, agentes participantes, costos de comercialización y precios, para posteriormente determinar los márgenes de comercialización y la caracterización de la producción porcícola en la región Sur del Estado de México. Los resultados mostraron que a precios corrientes, la participación del productor en el precio final, pagado por el consumidor, fue del 26.22%, mientras que el de los intermediarios fue del 73.78%. El margen de comercialización total promedio fue de 23.93 \$/kg, del cual los

^a Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México; Km 67.5 Carr. Fed. Toluca-Tejupilco, 51300, Temascaltepec, México, MÉXICO. *Autor para correspondencia.

detallistas obtuvieron 23.52 \$/kg (98.28%), mientras el restante 0.40 \$/kg fue para los copiadores. El canal de comercialización tradicional empleado en la región es: productor, copiador, detallista y consumidor final.

Palabras clave: Comercialización, margen de comercialización, porcicultura.

INTRODUCCIÓN

A medida que los individuos miembros de una sociedad se van especializando en sus actividades económicas, van dependiendo cada vez más de los demás para abastecerse de los bienes y servicios que necesitan. Así se inicia un proceso de intercambio entre compradores y vendedores. Por algún tiempo, los compradores y vendedores se mantienen en contacto directo y cada una de las partes está en capacidad de determinar lo que los demás valoran y necesitan y, por lo tanto, lo que estarán dispuestos a intercambiar. El número y tipo de intercambios se expande con el desarrollo de la economía, generándose la necesidad de contar con servicios de comercialización cada vez más especializados, tales como distribución física, almacenamiento, tipificación de los productos, recopilación de información de mercado y otros. El número de participantes aumenta en la medida en que muchos de los servicios especializados son provistos por intermediarios entre el vendedor y el comprador final. Pocos compradores y vendedores están ahora en contacto directo el uno con el otro y las comunicaciones entre ellos se canalizan a través de un complejo sistema de comercialización (Crawford, 1977). En este sentido, resulta importante estudiar las interrelaciones que suceden en el proceso de comercialización del sector agropecuario, para así poder realizar análisis de juicios y de esta manera poder emitir recomendaciones a los actores participantes en las distintas actividades del sector.

La producción porcina en México

En nuestro país, la ganadería y en específico la producción de carne, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural, pues se realiza sin excepción en todas las regiones agroecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas.

De acuerdo con la SAGAR (2000), se estima que en total la superficie aprovechada por la ganadería es superior a los 110 millones de hectáreas, representando aproximadamente el 60% de la superficie del territorio nacional, en donde 107.8 millones de hectáreas corresponden a pastizales y más de 2 millones son superficies agrícolas cuyo producto se destina fundamentalmente al consumo animal (granos forrajeros y forrajes de corte).

En este sentido, la producción de carne, como otras actividades del subsector ganadero, se da en una amplia gama de sistemas productivos, que van desde los altamente tecnificados e integrados, hasta las economías de tipo campesino orientadas principalmente hacia el autoabastecimiento de la familia campesina.

Mientras que para los primeros, la producción de carne representa una forma de inversión y de acumulación de capital, para los campesinos de bajos recursos, la práctica de la ganadería es una opción que les permite mantener la estabilidad biológica y económica de sus sistemas de producción.

Las estadísticas de la FAO (2012), muestran que la producción porcícola en el mundo se encuentra altamente concentrada ya que para el periodo 2000-2010 siete naciones aportaron en promedio el 71.04% del total mundial. En este sentido, China se sitúa como el mayor productor, con una aportación del 46% y con una de las tasas de crecimiento media anual (TCMA) más dinámicas en dicho periodo, con 2.44%. Le siguen en orden de importancia los Estados Unidos y Alemania con una participación en la producción mundial del 9.64% y 4.67%, y un crecimiento medio anual del 1.71% y 3.26% respectivamente.

México por su parte, se ubica en el lugar dieciséis a nivel mundial, aportando el 1.32% de la producción promedio durante el mismo periodo, registrando un crecimiento medio anual (TCMA) del 1.32%.

Por su parte, la SAGARPA (2012) señala que la producción de carne en México se sustenta en diferentes ramas de la ganadería, dentro de las cuales sobresale la avicultura, quien aportó en promedio el 45.54% de la producción doméstica de carnes durante el periodo 2000-2010, los bovinos (con el 30.75%) y los porcinos (con el 21.55%); en este sentido, éstas tres especies aportan en conjunto el 97.84% de la producción doméstica de cárnicos.

De esta manera, para el periodo 2000-2010 se produjeron en el país un promedio de 1.10 millones de toneladas de carne de cerdo; cuatro entidades del país concentraron en promedio el 55.19% de la producción nacional, destacando los estados de Jalisco con el 19.14%, Sonora con el 18.50% y Guanajuato con el 9.19%. Asimismo, la producción en el estado de México

fue en promedio de 26,414 toneladas, lo que representó el 2.40% de la oferta nacional para el mismo periodo.

En México, la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos; si bien su participación en el Producto Interno Bruto es marginal, su relevancia reside en que proporciona un conjunto de productos importantes en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la población, en que usa (en forma indirecta) vastas superficies agrícolas y da lugar a una amplia y compleja cadena productiva que incluye la producción de granos forrajeros y oleaginosas, la elaboración de alimentos balanceados, fármacos, productos biológicos y la operación de establecimientos de sacrificio, despiezado e industrialización de la carne.

No obstante el significativo desarrollo alcanzado por la porcicultura mexicana en los últimos 20 años, sus características fundamentales siguen siendo su enorme heterogeneidad productiva, su dependencia del exterior en la obtención de pie de cría e insumos alimenticios (entre un 30 y 40% del sorgo es importado y más del 80% de la soya) y la falta de internalización de sus costos ambientales (Pérez, 1999).

En este sentido, existe en el país una gran variedad de sistemas productivos que se diferencian entre sí por el nivel de tecnología aplicada, el nivel de integración vertical y horizontal y los mercados que atienden, los cuales de acuerdo a sus principales características se agrupan en tres categorías: tecnificado, semi-tecnificado y de traspatio o de autoabastecimiento.

El sector tecnificado abarca el 46% de la piara, el semi-tecnificado el 20% y el de traspatio el 34% del inventario porcino; en el primero se produce el 55% de la producción de carne de cerdo; en el segundo el 20% y el resto, que no entra en los circuitos de comercialización formales, lo aporta el sector de traspatio. Como ha sucedido en otras ramas de la actividad económica, en la porcicultura las crisis han provocado una fuerte concentración de la producción (Pérez, 1999).

Por su parte, el estado de México no escapa a dicha caracterización de la actividad porcícola, ya que su sector pecuario en general se desarrolla de manera intensiva y extensiva; el primero está determinado por el equipamiento dedicado a este fin y se identifica con las unidades de producción como granjas, establos, haciendas y ranchos, mientras que el uso extensivo está condicionado por las especies naturales de cada región como las gramíneas y las leguminosas principalmente; estas condiciones se dan en el suroeste del estado donde las engordas de ganado vacuno por ramoneo es el principal ingreso económico de la región, mientras que la porcicultura se desarrolla de manera extensiva y/o de traspatio, representando un ingreso adicional y de subsistencia muy importante para las familias.

De esta manera, en el municipio de Tejupilco, el cual en adición con los municipios de Amatepec, San Simón de Guerrero, Temascaltepec, Tlatlaya y Luvianos conforman el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) número seis, la agricultura es la actividad más importante al emplear 93,586 hectáreas, de éstas un 56% es destinada a la producción agrícola ocupando un total de 52,775 hectáreas, predominando como principales cultivos el maíz, frijol, aguacate y durazno; el 38% se destina a la producción pecuaria (con un total de 28,055 hectáreas) principalmente en la explotación de ganado porcino, caprino, ovino y aves; la explotación forestal representa un 2% y cuenta con 1,618 hectáreas y el resto es ocupado para realizar otras actividades (SAGARPA-Delegación estado de México, 2006).

Planteamiento del problema

Si bien en México el sector social de la producción, integrado por ejidatarios y comuneros, es muy importante, la porcicultura especializada se concentra en el sector privado, el cual detenta el 94% de la pira en unidades de producción de más de mil cabezas (Pérez, 1999). En este sentido, resulta importante estudiar la problemática de comercialización existente en los sistemas de producción semiespecializados y de traspatio, los cuales representan una fuente importante de ingreso y subsistencia para las familias de escasos recursos. Específicamente se analizará la situación que guarda la comercialización de la carne de cerdo en el Sur del Estado de México y el impacto económico de ésta en los diferentes actores participantes.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

En el siguiente apartado se presentan algunas consideraciones teóricas con el fin de tener una mejor comprensión del presente trabajo.

El proceso de la comercialización agropecuaria

Para analizar el proceso de comercialización en el sector agropecuario resulta indispensable conocer conceptos relacionados al tema como lo son la intermediación, los agentes que en ella participan, así como los conceptos de canal y margen de comercialización.

La intermediación

De acuerdo con Mendoza (1987), la intermediación es la institucionalización de la actividad de quienes actúan como intermediarios en la comercialización. En general se habla de dos clases de intermediarios: comerciantes y corredores. Los primeros compran y venden bajo su estricta responsabilidad y asumen los riesgos de la comercialización; BUSCAN UN BENEFICIO COMO RETRIBUCIÓN. POR SU PARTE, LOS CORREDORES SON COMISIONISTAS EN LA COMPRA Y VENTA, TANTO DE LOS PRODUCTORES como de los comerciantes y de los industriales; no compran ni venden para sí sino para otros, y es usual que no asuman riesgos, ya que éstos recaen en sus representados. Perciben una comisión fija o variable por su actuación y no participan en los beneficios ni en los riesgos.

La intermediación surge ya que en general, los agricultores no pueden llevar los productos a los mercados y venderlos directamente a los consumidores; mientras que éstos últimos tampoco están en condiciones de trasladarse al campo a comprar los alimentos a los productores. El desarrollo urbano es el principal responsable de promover una separación entre productores y consumidores.

En este sentido, la intermediación ejecuta funciones de comercialización que son, principalmente, de promoción y transformación. Con la promoción el intermediario abre nuevos mercados; crea nuevas necesidades de consumo mediante la propaganda y difusión de nuevas variedades. Con la transformación se agrega valor al producto, se le da utilidad de lugar, tiempo y forma.

La gestión de los intermediarios es muy discutida en todas las sociedades; pero se reconoce que las funciones de comercialización en el transporte, almacenamiento y procesamiento en la provisión de utilidades de lugar, tiempo y forma son esenciales, sea quien fuere quien las desempeñe. En este sentido, el sistema de comercialización realiza un número de funciones en toda la economía de un país. En primer término ejecuta la función recíproca de proveer una salida para los productores y suministra mercancías para los consumidores; en segundo lugar, provee la subsistencia para la gente que ejecuta las actividades de comercialización y devuelve un razonable retorno al capital y a la habilidad empresarial dedicada a esa función. Los conceptos negativos hacia la intermediación, tanto por parte del público como de las autoridades, limitan y dificultan el progreso de políticas gubernamentales permanentes y efectivas, en materia de comercialización.

Canal de comercialización

Un canal de comercialización comprende etapas por las cuales deben pasar los bienes en el proceso de transferencia entre productor y consumidor final. A los canales se les conoce también como “circuitos” o “canales de mercadeo”, “canal de distribución”, y “cadena de intermediarios” (Mendoza, 1987).

En este sentido, Harrison *et al.* (1976) definen el canal de distribución como una serie de instituciones u organismos que manejan un producto o un determinado grupo de productos, desde la producción hasta el consumo final. El canal de comercialización permite señalar la importancia y el papel que desempeña cada participante en el movimiento de los bienes y servicios. Cada etapa del canal señala un cambio de propiedad del producto o un tipo de servicio que se presta dentro del proceso de comercialización.

Margen de comercialización

La comercialización de productos agropecuarios está constituida por una red de estructuras que facilitan la circulación de bienes entre el productor y el consumidor en la cual intervienen distintos agentes que, al incurrir en costos por agregación de valor o movilización del producto, contribuyen a elevar el precio final del producto.

El margen de comercialización permite sufragar los costos y riesgos del proceso de comercialización y generar una retribución o beneficio neto a quienes participan en dicho proceso de distribución comercial, en tanto que el margen del agricultor cubre los costos y riesgos de la producción más el beneficio neto o retribución al productor.

De acuerdo con Caldentey (1979), por margen de comercialización se entiende, en general, el aumento de precio que experimenta un producto en el proceso de comercialización o en una parte del mismo.

El margen de comercialización es la diferencia entre el precio que paga el consumidor por un producto y el precio recibido por el productor. Se le conoce también como “margen de precio”, “margen bruto de comercialización” o “margen bruto de mercadeo” (Mendoza, 1987).

Cálculo del margen de comercialización

Para Tomek y Robinson (1981), el margen absoluto de comercialización es una diferencia entre el precio pagado por el consumidor y el obtenido por el productor, o entre niveles intermedios, esto es:

$$M = P_c - P_p$$

Donde:

M: Margen absoluto

P_c: Precio pagado por el consumidor

P_p: Precio pagado al productor

En síntesis, un margen de comercialización se refiere a la diferencia entre el precio de venta de una unidad de producto por un agente de comercialización y el pago realizado en la compra de la cantidad de producto equivalente a la unidad vendida. Además, los márgenes están constituidos por una serie de componentes correspondientes a los distintos costos y beneficios de los agentes, tales como el valor en pesos del trabajo utilizado, del transporte, de los materiales, envases y embalajes utilizados, la publicidad, la depreciación, los impuestos, los beneficios, intereses, alquileres y otros costos, los cuales se denominan como costos de comercialización (CC). De esta manera tenemos que:

$$M = P_v - P_c - CC$$

Donde:

P_v: Precio de venta

P_c: Precio de compra

CC: Costos de comercialización

METODOLOGÍA

El presente trabajo tuvo como año de referencia el 2007, en el cual se recabó la información de campo; se realizó un muestreo irrestricto aleatorio (Scheaffer *et al.*, 1996) en el cual se encuestaron a 17 productores de cerdo, dos acopiadores, 28 detallistas y 37 consumidores de carne de cerdo. La intención de las encuestas consistió en recabar información referente al proceso de producción, agentes participantes, precios y costos de comercialización, para posteriormente determinar los márgenes de comercialización y la caracterización de la producción de la porcicultura en la región Sur del Estado de México.

La información utilizada

Respecto a la información recabada, los precios de compra y venta se obtuvieron directamente de los agentes participantes en el proceso de comercialización, los cuales fueron ponderados por sus respectivas cantidades compradas y vendidas de producto.

El sistema de cálculo

De acuerdo con García *et al.* (1990), para el cálculo de los márgenes de comercialización se dispone de dos sistemas: el directo y el indirecto. El sistema más perfecto es el directo y consiste en lo siguiente: a) seguir lotes estadísticamente representativos de productos agrícolas desde que salen de la explotación hasta que llegan al consumidor; b) tomar nota de los distintos costos y precios que se van produciendo a su paso por los distintos agentes y c) limitar la investigación a lotes representativos del movimiento de los productos agrícolas, usando para el efecto muestreo estadístico para seleccionar las partidas a estudiar. Esto con el objeto de que los resultados puedan considerarse como una estimación de los márgenes verdaderos.

El procedimiento de estimación

Para la estimación de los márgenes de comercialización se debe tener cuidado de que en todo el proceso la información utilizada sea comparable, es decir que se refiera a la misma unidad y calidad de los productos, ya sean elaborados o no elaborados.

En este sentido, durante el proceso de comercialización del productor hacia el consumidor final se obtienen diversos subproductos, por lo cual los precios del cerdo en pie, que recibe el productor, no son directamente comparables con los precios de venta de la carne al consumidor final. La no comparabilidad de dichos precios se debe a que existe un proceso de transformación del cerdo en pie en el cual se obtienen diversos subproductos. En este caso para el cálculo de los márgenes se tiene que resolver el problema consistente en determinar el valor equivalente a una tonelada de subproducto del precio recibido por el productor; del cerdo en pie requerido para producirlo. De esta manera, el margen absoluto total de comercialización (M) se calcula por diferencia entre el valor del producto en consumo (Pc) y el valor corregido en producción (Pp) más los costos de comercialización en que se incurre durante el proceso (CC); es decir $M = P_c - P_p - CC$.

En este sentido, un margen de comercialización se refiere a la diferencia entre el precio de venta de una unidad de producto por un agente de comercialización y el pago realizado en la compra de la cantidad de producto equivalente a la unidad vendida. Además, los márgenes están constituidos por una serie de componentes correspondientes a los distintos costos y beneficios de los agentes, tales como el valor en pesos del trabajo utilizado, del transporte, de los materiales, envases y embalajes utilizados, la publi-

cidad, la depreciación, los impuestos, los beneficios, intereses, alquileres y otros costos, los cuales se denominan como costos de comercialización (CC) (García et al., 1990).

El coeficiente de transformación

En el presente trabajo, el coeficiente de transformación se definió como la cantidad de producto final obtenido (medida en kilogramos) por cada kilogramo de cerdo en pie.

En este sentido, Alonso et al. (2005) señalan que de un cerdo de 100 kg de peso vivo se obtiene en promedio el 79.80% de rendimiento. Asimismo Flores y Agraz (1982) señalan que del peso total en vivo de un cerdo de 100 kg se consigue únicamente y como máximo un rendimiento en canal del 76.20%. Por su parte, ASERCA (1996) menciona que en promedio el rendimiento de un animal con un peso de 100 kg es del 79.90%, dato que se utilizó en el presente estudio para determinar la cantidad equivalente, el cual resulta similar a los rendimientos antes mencionados.

Los costos de comercialización

Para el cálculo de los márgenes de comercialización se definieron como componentes de los costos de comercialización (CC), incurridos por los diferentes agentes participantes en el proceso, a la mano de obra directa, los costos de acarreo, la energía eléctrica, el agua, la depreciación de la maquinaria, gastos administrativos diversos, mano de obra indirecta y otros costos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de producción

En la región Sur del Estado de México predomina la porcicultura de traspatio o extensiva en un 63.63%, con piaras de 5 a 50 cerdos por unidad. Por su parte, el sistema semi-intensivo o semi-tecnificado ocupa el restante 36.37% de la producción local. Resulta importante destacar que la porcicultura intensiva no es practicada en la región debido a que no se cuentan con las condiciones necesarias para su desarrollo (véase cuadro 30).

Cuadro 30

Sistema de producción de la porcicultura en el Sur del Estado de México

Tipo de explotación	Participación (%)
Extensiva (traspatio)	63.63
Semi-intensiva (semi-tecnificada)	36.37
Intensiva (tecnificada)	0.00
Total	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en información de campo

Los canales de comercialización

Los canales de comercialización son todos los pasos que sigue el producto desde que sale de la granja hasta que llega al consumidor final.

En la actividad porcícola hay diversas formas de comercialización del producto, dichas formas están íntimamente relacionadas con el tipo de explotación (tecnificadas, semitecnificadas y de traspatio).

El canal de comercialización tradicional que sigue la comercialización de la carne de cerdo en el Sur del Estado de México es: de la finca (productor) al acopiador, al rastro municipal, a las carnicerías y al consumidor final. Una variante de dicho canal de comercialización es, antes de que el producto llegue al consumidor final pasa por los restauraneros y taqueros, los cuales adquieren el producto directamente del acopiador y solo lo llevan al rastro para que les presten el servicio de matanza.

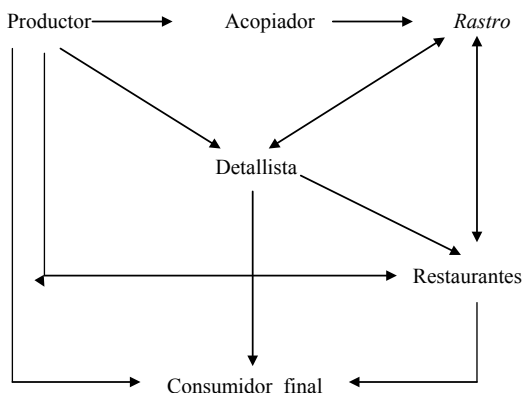
Asimismo, se identificó un canal de comercialización alternativo, en el cual participan los siguientes agentes: del productor, a las carnicerías y al consumidor final; la matanza de los animales se realiza *in situ* por los carniceros, los cuales abastecen a su vez a restaurantes y taquerías locales (véase figura 10).

Los precios de venta

En el presente apartado se analizan los precios de venta alcanzados por los diferentes actores participantes en la cadena de comercialización de la carne de cerdo producida en el Sur del Estado de México.

En este sentido, el precio de venta promedio alcanzado por el productor fue de 10.33 \$/kg, mientras que el intermediario registró un precio promedio de 11.92 \$/kg, esto es, un 15.39% más que lo alcanzado por el productor; por su parte, las carnicerías obtuvieron un precio promedio

Figura 10
Agentes participantes en la cadena de comercialización de la carne de cerdo en el Sur del Estado de México



Fuente: Elaboración propia con base en información de campo.

de venta de 39.39 \$/kg (281.31% más que lo registrado por el productor) (véase cuadro 31).

Respecto a la participación de los agentes en el precio de venta final, se concluye que los productores sólo participan con el 26.22% del precio de venta final; los intermediarios con el 4.04% y los detallistas obtienen una mayor participación con el 69.73% (véanse cuadro 30 y figura 11).

El margen bruto de comercialización (MBC)

El margen bruto de comercialización (MBC) indica que por cada peso que paga el consumidor al adquirir un kilogramo de carne de cerdo, los intermediarios, en este caso, los acopiadores de cerdo y los detallistas, obtuvieron el 73.78% del precio final, el cual equivale a 29.06 \$/kg de producto vendido, mientras que los productores únicamente participaron con el 26.22% del precio pagado por el consumidor (véase cuadro 32).

Cuadro 31
Participación de los agentes en el precio de venta
de la carne de cerdo

Mes/ Agente	Produc- tor (\$/kg)	Part. (%)	Acopia- dor (\$/kg)	Part. (%)	Detallista (\$/kg)	Part. (%)
Ene	10.22	26.08	11.78	3.96	39.21	69.96
Feb	10.27	26.34	11.78	3.85	39.01	69.81
Mar	10.30	26.27	11.79	3.79	39.21	69.95
Abr	10.25	26.25	11.79	3.94	39.04	69.81
May	10.27	25.96	11.78	3.80	39.57	70.24
Jun	10.25	26.03	11.78	3.87	39.39	70.10
Jul	10.24	26.19	11.78	3.94	39.09	69.87
Ago	10.24	26.19	11.78	3.94	39.09	69.87
Sep	10.24	26.13	11.78	3.93	39.18	69.94
Oct	10.49	26.87	11.78	3.31	39.03	69.82
Nov	10.49	26.16	11.99	3.74	40.08	70.10
Dic	10.70	26.21	13.30	6.36	40.84	67.44
Prom.	10.33	26.22	11.92	4.04	39.39	69.73

Fuente: Elaboración propia con base en información de campo

Los márgenes brutos de comercialización en la intermediación

De acuerdo a la información anterior se puede señalar que del total del porcentaje de utilidad bruta que se obtiene en la intermediación (73.78%), los detallistas logran un mayor margen de comercialización, ya que por cada kg de carne vendida obtienen \$27.47 de utilidad y participan con el 69.74% de la utilidad bruta; mientras que los acopiadores sólo obtienen 1.59 \$/kg, es decir, consiguen el 4% de dicha utilidad (véase cuadro 33).

Cabe mencionar que a pesar de que los detallistas obtienen una mayor ganancia bruta, también incurre en mayores costos de comercialización, ocasionados por el acarreo del producto, la renta de locales, mano de obra y energía eléctrica, entre otros.

Los márgenes de comercialización totales

Al analizar los márgenes de comercialización totales, esto es, al incluir a la diferencia de precios los costos de comercialización (CC), se encontró que

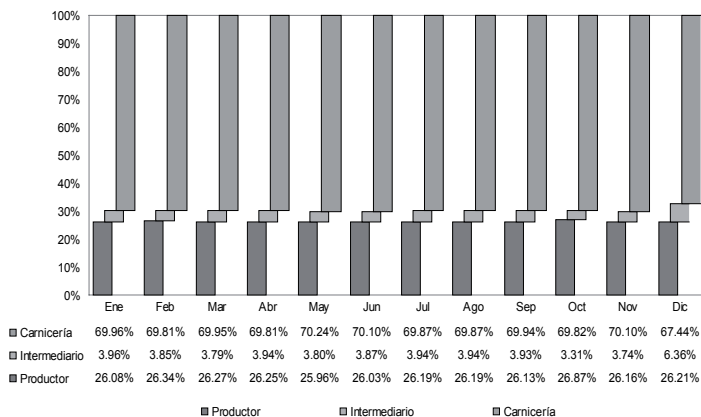
Cuadro 32
Cálculo del Margen Bruto de Comercialización (MBC)

Mes	Precio de venta (\$/kg)		Margen (%) (MBC)
	Productor	Detallista	
Ene	10.22	39.21	73.94
Feb	10.27	39.01	73.67
Mar	10.30	39.21	73.73
Abr	10.25	39.04	73.74
May	10.27	39.57	74.05
Jun	10.25	39.39	73.98
Jul	10.24	39.09	73.80
Ago	10.24	39.09	73.80
Sep	10.24	39.18	73.86
Oct	10.49	39.03	73.12
Nov	10.49	40.08	73.83
Dic	10.70	40.84	73.80
Promedio	10.33	39.39	73.78

MBC= (Precio al consumidor-Precio al productor) / Precio al último consumidor x 100

Fuente: Elaboración propia con base en información de campo.

Figura 11
Participación de los agentes en el precio de venta de la carne de cerdo



Fuente: Elaboración propia con base en información de campo

Cuadro 33

Márgenes Brutos de Comercialización resultantes en el proceso de intermediación

Mes	Del acopiador al detallista		Del detallista al consumidor final	
	(%)	(\$/kg)	(%)	(\$/kg)
Ene	3.98	1.56	69.96	27.43
Feb	3.87	1.51	69.80	27.23
Mar	3.80	1.49	69.93	27.42
Abr	3.94	1.54	69.80	27.25
May	3.82	1.51	70.23	27.79
Jun	3.88	1.53	70.09	27.61
Jul	3.94	1.54	69.86	27.31
Ago	3.94	1.54	69.86	27.31
Sep	3.93	1.54	69.93	27.40
Oct	3.31	1.29	69.82	27.25
Nov	3.74	1.50	70.08	28.09
Dic	6.37	2.60	67.43	27.54
Promedio	4.04	1.59	69.74	27.47
TOTAL			73.78	29.06

MBC= (Precio al consumidor-Precio al productor) / Precio al último consumidor x 100.

Fuente: Elaboración propia con base en información de campo.

el margen total promedio fue de 23.93 \$/kg, del cual los detallistas obtienen el mayor margen promedio correspondiente a 23.52 \$/kg, mientras el restante 0.40 \$/kg se lo adjudican los acopiadores.

De la misma manera, se hace notar que los mejores márgenes de comercialización alcanzados por los detallistas se registran en los meses noviembre y mayo, con montos de 24.23 y 23.93 \$/kg respectivamente. Por su parte, los acopiadores registraron su mayor margen de comercialización en el mes de diciembre con un monto aproximado de 1.41 \$/kg (véase cuadro 34).

CONCLUSIONES

En la región Sur del Estado de México predomina la porcicultura de traspatio o extensiva. Los principales agentes participantes en el proceso de

Cuadro 34

Márgenes de comercialización totales por tipo de agente (\$/kg)

Mes	Productor – Acopiador (Margen 1)				Acopiador – Detallista (Margen 2)				Detallista – Productor (Margen Absoluto)			
	PC	CC	PV	Margen (M)	PC	CC	PV	Margen (M)	PC	CC	PV	Margen (M)
Ene	10.22	1.19	11.78	0.36	11.78	4.79	39.21	22.64	10.22	5.98	39.21	23.00
Feb	10.27	1.19	11.78	0.31	11.78	3.87	39.01	23.36	10.27	5.06	39.01	23.68
Mar	10.30	1.19	11.79	0.30	11.79	3.87	39.21	23.56	10.30	5.06	39.21	23.85
Abr	10.25	1.19	11.79	0.35	11.79	3.87	39.04	23.38	10.25	5.06	39.04	23.73
May	10.27	1.19	11.78	0.31	11.78	3.87	39.57	23.93	10.27	5.06	39.57	24.24
Jun	10.25	1.19	11.78	0.33	11.78	3.87	39.39	23.74	10.25	5.06	39.39	24.07
Jul	10.24	1.19	11.78	0.35	11.78	3.87	39.09	23.44	10.24	5.06	39.09	23.79
Ago	10.24	1.19	11.78	0.35	11.78	3.87	39.09	23.44	10.24	5.06	39.09	23.79
Sep	10.24	1.19	11.78	0.35	11.78	3.87	39.18	23.54	10.24	5.06	39.18	23.89
Oct	10.49	1.19	11.78	0.10	11.78	3.87	39.03	23.38	10.49	5.06	39.03	23.48
Nov	10.49	1.19	11.99	0.31	11.99	3.87	40.08	24.23	10.49	5.06	40.08	24.54
Dic	10.70	1.19	13.30	1.41	13.30	3.87	40.84	23.67	10.70	5.06	40.84	25.08
Prom.	10.33	1.19	11.92	0.40	11.92	3.95	39.39	23.52	10.33	5.14	39.39	23.93

M = PV – PC – CC. PV: Precio de venta, PC: Precio de compra, CC: Costos de comercialización.

Fuente: Elaboración propia con base en información de campo

comercialización son: los productores, los intermediarios o acopiadores, el rastrero (quien sólo actúa como prestador del servicio de matanza), los detallistas o carniceros, los restaurantes y los consumidores finales. El canal de comercialización tradicional identificado en la región Sur del Estado de México fue: del productor, al acopiador, al rastrero municipal, a los detallistas y al consumidor final. Respecto al precio de venta final, los detallistas obtuvieron una mayor participación, seguidos por los intermediarios; mientras que los productores registraron la menor participación en el precio. Por cada peso que paga el consumidor al adquirir un kg de carne de cerdo, los intermediarios (acopiadores y detallistas) obtuvieron el 73.78% del precio final, mientras que los productores únicamente participaron con el 26.22% del precio pagado por el consumidor. Al incluir a la diferencia de precios los costos de comercialización, se encontró que el margen total promedio fue de 23.93 \$/kg, del cual los detallistas obtienen el mayor margen promedio correspondiente a 23.52 \$/kg, mientras el restante 0.40 \$/kg se lo apropian los acopiadores.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALONSO, P., Meléndez, A. y Guzmán, R. 2005. *Administración pecuaria: cerdos*, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ASERCA (APOYOS Y SERVICIOS A LA COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA). 1996. "La porcicultura en México, una tradición enclavada en la modernidad", en *Revista Claridades Agropecuarias*. Núm. 34. Junio de 1996.
- CALDENTY, A. P. 1979. *Comercialización de productos agrarios*. Edit. Agrícola española. Madrid, España.
- CRAWFORD, I. M. 1977. *Gestión del mercadeo agrícola, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*, Roma, Italia. En: <http://www.rlc.fao.org/prior/desrural/mercadeo/default.htm>
- FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN). 2012. *División de estadísticas*. En: <http://faostat.fao.org> Consulta realizada el 7 de septiembre de 2012.
- FLORES, M. A. y Agraz, G. A. 1982. *Ganado porcino*, Edit. Limusa. México, D.F.
- GARCÍA, M. R. et al. 1990. *Notas sobre mercados y comercialización de productos agrícolas*. Centro de economía, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México.

- HARRISON *et al.* 1976. *Mejoramiento de los sistemas de comercialización de alimentos en los países en desarrollo: experiencias en América Latina*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José Costa Rica.
- MELÉNDEZ, G. J. R. *et al.* 2005. *Administración pecuaria, Facultad de Medicina. Veterinaria y Zootecnia*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- MENDOZA, G. 1987. *Compendio de mercadeo de productos agropecuarios, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*, 2a. ed. San José, Costa Rica.
- PÉREZ, E. R. 1999. "Porcicultura intensiva y medio ambiente en México. Instituto de Investigaciones Económicas", Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista Mundial de Zootecnia*. Núm. 92-1999/1. En: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/x1700t/x1700t03.htm Consulta realizada el 13 de septiembre de 2007.
- SAGAR. 2000. *La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000*, En: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg> Consulta realizada el 12 de septiembre de 2007.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2012. *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)*, en: <http://www.siap.gob.mx/> Consulta realizada el 7 de septiembre de 2012.
- SAGARPA-Delegación Estado de México. 2006, en: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/edomex/> Consulta realizada el 5 de septiembre de 2007.
- SCHEAFFER, R. L., Mendenhall, W. y Ott, L. 1996. *Elementos de muestreo*, Edit. Grupo editorial Iberoamérica, México, D.F.
- TOMEK, W. y Robinson, K. L. 1981. *Agricultural product prices*, Second edition. Cornell University Press. Ithaca and London.

LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y LA COMERCIALIZACIÓN DEL GANADO BOVINO EN EL SUR DEL ESTADO DE MEXICO

JUVENCIO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ,^{a*} SAMUEL REBOLLAR-REBOLLAR,^a
EUGENIO GUZMÁN-SORIA,^b ANÍBAL TERRONES CORDERO^c
ALFREDO REBOLLAR-REBOLLAR,^a

RESUMEN

Se analizaron los costos de producción y la competitividad, así como la comercialización de la carne de ganado bovino en el Sur del Estado de México, la investigación se basó en la captación de la información a través de encuestas. Para el análisis de los costos de producción y competitividad se utilizó la metodología de la Matriz de Análisis de Política (MAP); mientras que en la comercialización la investigación se basó en el análisis directo de los canales y en el cálculo de los márgenes de comercialización. La ganadería en el Sur del Estado de México se ha desarrollado más por las condiciones naturales de la región, que por la inducción tecnológica, no obstante una proporción importante del consumo regional de carne de bovino lo abastece el sistema de engorda en corral. Un sistema de producción que se caracteriza por mantener los animales en confinamiento, por un periodo determinado, en instalaciones que no impliquen altas inversiones en activos fijos y grandes demandas de mano de obra. El costo del alimento y mano de obra, fueron los que representaron los mayores porcentajes del

^aCentro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Km. 67.5., Carretera Toluca-Cd. Altamirano, Gro., Col. Barrio de Santiago S/N, Temascaltepec, Estado de México. C. P. 51300. ^bInstituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato. Departamento de Ciencias Económico Administrativas. Posgrado de Administración. Av. Tecnológico y A. García Cubas s/n. Celaya, Guanajuato. C.P. 38010. ^cUniversidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Económico Administrativas. *Autor para correspondencia

costo total de 90%, el resto fue cubierto por otros insumos variables, destacando la baja participación de los costos en equipo e instalaciones que reflejan la limitada tecnología que se utiliza en esta actividad productiva. De acuerdo a los precios prevalecientes de mercado, la relación de costo privado tuvo un valor mayor a cero y menor a uno, lo que indicó eficiencia y competitividad, dejando ganancias al productor, generando sólo un 20% de valor agregado permitiendo la sobrevivencia de este sistema de producción. Con respecto a la comercialización se observó la escasa vinculación que tienen los agentes productivos con los diversos participantes de cadena producción consumo, ya que no establecen relaciones de largo plazo; la organización y la planeación en la producción y comercialización se realiza de manera independiente. La comercialización ocurre en dos canales importantes: la del ganado en pie que se vende en el rancho o en el mercado regional, y que posteriormente será enviado a los centros de engorda ubicados principalmente fuera de la región, que representa el 80% de la producción; y el otro canal es para el ganado en pie que se finaliza en la región, y que se destina para el consumo local. En la apropiación de los márgenes de comercialización se observó que el productor participó con el 59% de precio de venta al consumidor, en tanto que el valor restante fue apropiado por el acopiador, el rastro y el carnicero. En conclusión, no obstante la problemática mencionada, la ganadería bovina en el Sur del Estado de México sigue siendo la actividad económica más importante de esta región, y además es rentable, pero genera poco valor agregado y tiene una escasa integración entre los diferentes eslabones de la cadena producción consumo.

INTRODUCCIÓN

En México la ganadería bovina es la actividad productiva más difundida en el medio rural y se realiza en todas las regiones del país, en aproximadamente 110 millones de hectáreas, lo que representa el 60% de la superficie del territorio nacional (Ruiz *et al.*, 2004). La producción de carne de bovino en el país ha evolucionado tecnológicamente a un menor ritmo que la avicultura y la porcicultura, pero el incremento del sistema intensivo de engorda en corrales en el centro-norte del país con ganadería especializada, muestra un alto nivel tecnológico, donde la alimentación se basa principalmente en granos.

La explotación de bovinos para carne es una de las actividades principales de la producción pecuaria nacional, por la contribución que realiza

a la oferta de productos cárnicos, así como su participación en la balanza comercial del país donde la exportación de ganado en pie es su principal rubro. Sin embargo, independientemente del tipo de sistema de explotación utilizado, es imposible separarlos al analizar la producción de carne, ya que al final de su ciclo productivo todos los animales se sacrifican y contribuyen a la producción nacional.

Entre los principales estados productores de carne bovino para el año 2008, Veracruz ocupó el primer lugar con un volumen de producción de 453.3 mil toneladas en pie, esto representa el 14.3% de la producción nacional. Jalisco fué el segundo productor con una participación de 11.0%, equivalente en términos absolutos a 347.5 mil toneladas. Chiapas, ocupó el tercer lugar, con una producción de 196.0 mil toneladas, lo que representó el 6.2% del total nacional. Los estados de Veracruz, Jalisco, Chiapas, Chihuahua, Sinaloa, Michoacán, Sonora y Baja California conjuntamente representaron el 52.% de la producción nacional. El Estado de México, participó con un volumen de 78 mil 795 tons, equivalente a 2.5% del total nacional.

La ganadería bovina en el Estado de México tiene una fuerte localización geográfica, alrededor del 70% del inventario se encuentra en los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de Tejupilco, Coatepec Harinas y Valle de Bravo, los cuales se ubican en el Sur de la Entidad, cuyos sistemas de producción son de carácter extensivo, destinado a producir ganado para pie de cría y leche; mientras que el Norte y Centro del Estado, en donde se ubican los DDR de Toluca, Atlacomulco, Jilotepec, Zumpango y Texcoco (SAGARPA, 2008), las explotaciones de ganado bovino de engorda tienen un mayor avance tecnológico y mejor integración comercial (SEDAGRO, 2006).

En este mismo año, a nivel de Distrito de Desarrollo Rural (DDR), el DDR 076 de Tejupilco, Estado de México, reportó una producción de 13 mil 761 tons, concentrándose en los municipios de Tlatlaya (30.0%), Amatepec (20.0%), Luvianos (16.0%), Tejupilco (15.0%), Temascaltepec (14.0%) y San Simón de Guerrero (5.0%), que contribuyeron con 17.7% del total estatal (SAGARPA, 2008).

En este Distrito, la engorda en corral se realiza mayormente en explotaciones de tamaño mediano a pequeño y la alimentación se basa en ingredientes de baja calidad nutricional y raciones poco balanceadas, que se traducen en ganancias diarias de peso de aproximadamente 1.90 kg/día, además de que en la mayoría de las unidades de producción (UP) no se utilizan registros de información contable, que corresponden al análisis de ingresos y costos, que lleva consigo la práctica de esta actividad (Rebollar *et al.*, 2010).

En este contexto, el análisis de costos de producción y de comercialización con el objetivo de obtener indicadores que permitan a los productores establecer estrategias que aumenten su eficiencia y competitividad en estos sistemas de producción y obtengan un mayor valor agregado en la comercialización del ganado bovino de carne.

METODOLOGÍA

Costos de producción

La investigación se llevó a cabo de enero a junio de 2009, en el DDR 076 Tejupilco, Estado de México, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); dicho DDR incluye los municipios de Temascaltepec, San Simón de Guerrero, Tejupilco, Luvianos, Amatepec y Tlatlaya. La información primaria provino de una encuesta dirigida (Cochran, 1985) a 40 engordadores de ganado bovino, mismos que se encuentran inscritos en diversas Asociaciones Ganaderas Locales, que a su vez, forman la Unión Ganadera Regional del Sur del Estado de México.

La selección de los productores se realizó en base a la disposición de los engordadores para proporcionar información socioeconómica referente a edad, escolaridad, estructura familiar, mano de obra, años en la actividad, actividad principal, actividad complementaria, así como sus costos e ingresos que incurren en la práctica de dicha actividad. En la selección de los productores se procuró incluir a las explotaciones típicas (Lara *et al.*, 2003) y con mayor experiencia en la actividad. La información reunida en el aspecto social, fue procesada y analizada de manera descriptiva, utilizándose el método estadístico descriptivo, que permite una interpretación sencilla de los datos (Hernández *et al.*, 2003).

De acuerdo con Perdana (2003), la estratificación de las Unidades de Producción seleccionadas se realizó en base a escalas (pequeños, medianos y grandes) de acuerdo al número de animales engordados por productor. En pequeña escala están los engordadores con menos de 20 cabezas; los medianos con 20 a 49 y los grandes de 50 a 100. La cantidad que se incluyó en cada uno de los estratos fue de ocho productores. Los parámetros productivos y técnicos del sistema de producción, así como precios, ingresos y costos, además de los coeficientes técnicos se obtuvieron directamente en campo y se validaron mediante consultas con comercializadores de alimentos balanceados y farmacéuticos (Hernández *et al.*, 2008).

El método utilizado en el presente trabajo fue la Matriz de Análisis de Política (MAP) (Monke & Pearson, 1989), y se aplicó en la parte correspon-

diente a ingresos y costos privado valuados a precios de mercado (presupuesto privado). La MAP es el producto de dos identidades, la primera define la rentabilidad como la diferencia entre ingresos y costos, y la segunda mide el efecto de las divergencias, debido a la intervención de políticas económicas y fallas de mercado, como la diferencia entre los parámetros observados y los que existirían si las divergencias fueran eliminadas (Monke& Pearson, 1989) (véase cuadro 35).

En este trabajo sólo se utilizó la información correspondiente a la primera hilera, que es el del presupuesto privado. En la construcción de la MAP fue necesario elaborar matrices de coeficientes técnicos, de los precios de los insumos (comerciables e indirectamente comerciables), de los factores internos de producción, de presupuesto y de coeficientes auxiliares.

Cuadro 35
Estructura de la Matriz de Análisis de Política

Concepto	Ingresos Totales	Costos de producción		Ganancias
		Insumos comerciables y no comerciables	Factores Internos	
Precios Privados	A	B	C	D
Precios Económicos	E	F	G	H
Efectos de Política	I	J	K	L

En este estudio, los bienes comerciables fueron los productos e insumos que se adquirieron tanto en el mercado nacional como en el internacional, o que se podrían comercializar en condiciones de apertura comercial, por lo que existe para ellos un precio internacional, como el alimento, medicamentos, combustible y materiales diversos. Los insumos indirectamente comerciables incluyen aquellos bienes o parte de ellos que no tienen cotización internacional y pueden contener factores internos que sean o no objeto de comercio en sus propios costos de producción, pero que no constituyen en sí mismos bienes comerciables, por ejemplo, el transporte, la electricidad, entre otros (FAO, 2005). Asimismo, los factores internos o factores primarios de la producción son aquellos que intervienen en la producción, pero no son comercializados o cotizados en el mercado internacional, como el capital, mano de obra, tierra, crédito, agua y los gastos por diversos conceptos de primas de seguro y servicios administrativos (Monke& Pearson, 1989). De esta matriz se derivaron los indicadores de rentabilidad y competitividad a precios privados que se muestran a continuación (véase cuadro 36).

Cuadro 36

Indicadores de rentabilidad y competitividad a precios privados

Indicador	Variables
Rentabilidad Privada o Ganancia (G)	$D = A - B - C$
Coefficiente de Rentabilidad Privada (RRP)	$RRP = D / (B + C)$
Relación del Costo Privado (RCP)	$RCP = C / (A - B)$
Valor Agregado a Precios Privados (VAP)	$VAP = (A - B)$
Consumo Intermedio en el Ingreso Total (PCIP)	$PCIP = B / A$
Valor Agregado en el Ingreso Total (VPAP)	$VPAP = (A - B) / A$

Rentabilidad Privada o Ganancia (G)

La información incorporada en el primer renglón de la MAP permite observar la estimación de la rentabilidad privada. En ésta, la ganancia (D) es la diferencia entre el ingreso (A) y el costo de los insumos comerciables, no comerciables y factores internos (B + C). La información referida en este renglón se estimó a precios observados o efectivos de mercado; es decir, los ingresos y costos considerados que incorporaron efectos de políticas y distorsiones de mercado.

El costo, definido como ingreso antes de impuestos que los poseedores requieren para mantener sus inversiones en el sistema, está incluido en los costos de los factores internos (C), por lo que las ganancias (D) son así ganancias extraordinarias, esto es, ganancias por arriba de los ingresos normales (Monke Pearson, 1989).

De acuerdo a lo anterior, si las ganancias privadas son negativas ($D < 0$), entonces los productores reciben una tasa de rendimiento menor a la normal, por lo que puede esperarse que abandonen esta actividad, a menos que algún cambio tienda a incrementar las ganancias privadas al nivel normal ($D = 0$). En contraste, si las ganancias privadas son positivas ($D > 0$) significa que la rentabilidad que están obteniendo es superior a la normal, y ésta debe propiciar una futura expansión del sistema, a menos que otras actividades más rentables en términos privados lo impidan (Hernández *et al.*, 2008).

Coeficiente de Rentabilidad Privada (RRP)

Este indicador se utilizó para conocer el porcentaje de ingreso extraordinario o adicional que recibe el productor por cada peso invertido. Para su determinación se emplea la relación de ganancia dividida entre la suma de los costos de producción.

Relación del Costo Privado (RCP)

Para comparar sistemas que generen productos idénticos, el análisis de las ganancias privadas es insuficiente, pues los resultados de rentabilidad son residuales y podrían provenir de sistemas que utilizan niveles diferentes de insumos para producir bienes que también pueden tener diferencias sustanciales en precios. Esta ambigüedad está inherente en las comparaciones de ganancias privadas de sistemas que producen diferentes bienes con variación en intensidad de capital, lo anterior puede evitarse con la estimación de la RCP (Monke & Pearson, 1989).

La RCP permite la comparación de eficiencia privada entre diferentes escalas de productores y se obtiene por el cociente del costo de los factores internos (C) y del valor agregado (A - B) a precios privados. Donde el valor agregado es igual al ingreso total restándole el costo de los insumos comerciables y no comerciables.

La RCP indica el límite donde el sistema de producción, en términos de eficiencia, puede sostener el pago de los factores internos (incluyendo el retorno normal del capital) permaneciendo todavía competitivo, esto es, el punto de equilibrio después de obtener ganancias normales, donde $(A - B - C) = D = 0$. Cuando $D > 0$ se presentan ganancias en exceso como consecuencia de que el costo de los factores internos es menor que el valor agregado a precios privados (Hernández *et al.*, 2008).

Si la RCP es menor a uno, el productor es competitivo y recibe ganancias extraordinarias, dado que después de remunerar a los factores de la producción, tanto propios como contratados, queda un residuo en el valor agregado que es la retribución a la gestión del productor. Si la RCP es igual a la unidad, no se generan ganancias extraordinarias, entonces el productor paga solamente los factores de la producción. Si la RCP es mayor que la unidad o negativo implica que el sistema productivo no permite pagar el valor de mercado de los factores internos, además de que la ganancia resulta negativa, por lo que la actividad no es redituable para el productor en función de los precios pagados y recibidos no siendo competitivo. En general, la minimización de la RCP genera la máxima ganancia privada (Sosa *et al.*, 2000).

Valor Agregado a Precios Privados (VAP)

Este indicador se refiere al monto expresado en términos monetarios que permanece en el ingreso recibido, después de haber liquidado el costo de los insumos comerciables y no comerciables, sin tener en cuenta el costo de los factores internos.

Consumo Intermedio en el Ingreso Total (PCIP)

Representa el pago de la actividad hacia el resto de la economía, esto es, son todas aquellas erogaciones que tienen su origen en los ingresos y destinadas para la adquisición de insumos indispensables para impulsar la actividad.

Valor Agregado en el Ingreso Total (VPAP)

Indica el pago o la remuneración de los factores internos de la producción así como la ganancia que obtiene el productor; de tal manera que éste valor refleja el efecto del sistema de producción hacia el interior del propio sector productivo.

COMERCIALIZACIÓN

En la comercialización, la información se obtuvo de los diversos agentes participantes en el mercado: administrador del rastro municipal de Tejupilco, se entrevistaron a 12 comercializadores y 20 carniceros. El coeficiente de rendimiento de carne en canal de bovinos se obtuvo de información proporcionada del rastro municipal de Tejupilco, además, el rendimiento de la canal en carnicería y de subproductos provino de los carniceros; el valor de las pérdidas de peso por concepto de mermas por transporte de rancho a rastro, o a plaza municipal, se obtuvo al utilizar una muestra de 12 animales con un peso de 485 kg y una desviación estándar de 24 kg en explotación, considerando una distancia de transporte de 35 km.

Los precios utilizados para calcular los márgenes de comercialización fueron: precio de bovino en pie en rancho recibidos por el productor, precio de entrada a rastro, precio en canal a salida de rastro, precios de subproductos y precios al consumidor final del producto (carne de res). Los precios que se utilizaron para calcular los márgenes de comercializa-

ción fueron: precios de bovino en pie en rancho, precios de entrada a rastro, precio en canal a salida del rastro, precios de subproductos y precios al consumidor final del producto transformado. Para comparar los precios en cada nivel de comercialización se calculó el valor equivalente al productor a entrada de rastro, de la carne en canal a salida de rastro y al consumidor.

Con esta información se realizó el análisis directo de los canales y en el cálculo de los márgenes de comercialización. Los márgenes de comercialización se calcularon por la diferencia entre el precio de venta de una unidad de producto por los agentes de comercialización y el pago efectuado en la compra de la cantidad equivalente a la unidad vendida (Caldentey, 1979); (García *et al.*, 1990). Para calcular los márgenes absolutos brutos (M) y relativos totales (m), se utilizó $M = Pc - VEP$, y $m = (M/Pc) * 100$ los cuales se adecuaron a cada etapa del proceso de comercialización.

Márgenes de comercialización

El margen de comercialización para productos no transformados se puede definir como la diferencia que existe entre el precio que paga el consumidor y el precio obtenido por el productor o los agentes de comercialización en las fases intermedias. Para productos industrializados se puede definir como la diferencia entre el precio de venta que establece algún agente de comercialización para la unidad de producto, y el pago que realiza por la compra de la cantidad de dicho producto equivalente a la unidad vendida (García *et al.*, 1990).

Así pues, la oferta de los productores y la demanda de los consumidores no se confrontan directamente, si no a través del sistema de comercialización en donde hay un conjunto de agentes que prestan los servicios de comercialización: transporte, almacenamiento, transformación, envasado y distribución, el costo de estos servicios y los beneficios obtenidos por los agentes por otorgarlos, constituyen los márgenes de comercialización.

Margen absoluto total

Para productos que sufran transformación, el margen absoluto total es la diferencia entre el precio al consumidor (Pc) y el valor equivalente pagado al productor agropecuario (VE).

$$M = Pc - VE$$

Margen relativo total

El margen relativo es el porcentaje que resulta de dividir el margen absoluto total por el precio de venta, expresado en unidades equivalentes.

$$M = \left(\frac{Pc - VE}{Pc} \right) \times 100 = \left(\frac{M}{Pc} \right) \times 100$$

El margen de comercialización se puede referir a alguna de las fases del proceso de comercialización, como son: las ventas al mayoreo, la industrialización del producto, la venta al menudeo, etc. O bien a uno de los servicios o componentes agregados: el transporte, el almacenamiento y los salarios.

Cuando el margen se refiere a todo el proceso de comercialización se denomina margen total de comercialización, el cual se puede expresar tanto en términos absolutos como relativos. Se acostumbra indicar a los márgenes relativos de todo el proceso de comercialización y los correspondientes a las diversas fases intermedias de comercialización, con relación al precio al consumidor en vez de indicarlos con relación a los precios de venta de cada fase.

El concepto de margen de comercialización en muchas ocasiones es utilizado de forma incorrecta, intentando usarlo para explicar el grado de bienestar de los productores; sin embargo, el margen de comercialización en realidad puede decir muy poco acerca de esto así, puede darse el caso de que los productores de cierto bien reciban un porcentaje muy alto del precio al que el consumidor lo compra, en comparación con lo que reciben los productores de otros bienes. No obstante, aquel productor puede estar en igual condición o peor que la de estos productores. Asimismo una disminución de la participación del productor en el precio del consumidor, no necesariamente significa que los productores estén peor, si no que el margen ha aumentado.

Sin embargo, dado un cierto margen total de comercialización, los productores pueden participar en una mayor proporción del mismo, si se inserta en algunas de las fases del proceso de comercialización, ofreciendo algunos de esos servicios que en esos momentos prestan otros agentes; esto significaría un beneficio para los productores, puesto que se apropiarían de las ganancias que antes obtenían otros agentes. Sin embargo, esto no implicaría necesariamente que el consumidor final resultara beneficiado pagando un precio más bajo por el producto, aunque esto es factible.

Una integración de los canales de comercialización no necesariamente significa una disminución en los servicios de comercialización (y, por ende, de los márgenes de comercialización), sino sólo que dichos servicios no los

ofrezcan diferentes agentes, sino uno o dos. Lo que si puede suceder es que disminuyan los precios de los servicios (por economías de escalas) y que se incrementen las ganancias del agente comercial, aunque permanezcan constantes los precios al productor y al consumidor. También puede suceder que al disminuir los costos, se beneficie al consumidor y desde luego al productor, sin aumentar las ganancias por unidad comercializada. Esto es lo que se busca con la eficiencia en el proceso de comercialización.

Sistemas de cálculo

Para el cálculo de los márgenes de comercialización se dispone de dos sistemas que son:

- El sistema directo

Consiste en el seguimiento del producto en estudio desde que se produce hasta su consumo final. Entre tanto, en el proceso se van determinando los costos y los beneficios por los servicios incorporados y los precios que se alcanzan en cada fase del proceso de comercialización. Sin embargo, siendo el más preciso este método es más costoso y complicado (Caldentey, 1979).

García *et al.* (1997), señala que el sistema más perfecto, es el directo y consiste en lo siguiente:

- a) Seguir lotes estadísticamente representativos de productos agrícolas desde que salen de la explotación hasta que llegan al consumidor.
- b) Tomar nota de los distintos costos y precios que se van produciendo a su paso por los distintos agentes.
- c) Limitar la investigación a lotes representativos del movimiento de los productos agrícolas, usando para el efecto muestreo estadístico para seleccionar las partidas a estudiar. Esto con el objeto de que los resultados puedan considerarse como una estimación de los márgenes verdaderos.

Caldentey (1979), menciona que este sistema suministra información muy completa para el cálculo de los márgenes totales y sus componentes, pero el procedimiento es muy complicado y costoso, lo que representa una limitante para su aplicación sistemática al cálculo de los márgenes de todos los productos pecuarios. Sin embargo, es un sistema adecuado para estudiar los márgenes de determinados canales o productos.

- El sistema indirecto

A diferencia del primero, este es más sencillo y menos costoso, pues consiste en la recopilación, comparación y análisis de los datos estadístico de los precios y costos en cada fase del proceso de comercialización, una vez determinado quienes intervienen en este proceso. Este método cuenta con algunos inconvenientes, como son en que los datos no se reflejan la calidad del producto, y el que en las series de tiempo de los precios, no se distingue con precisión el tiempo transcurrido entre las diferentes fases del proceso.

Método utilizado

Para el cálculo de los márgenes de comercialización se utilizó el método directo, el cual consiste en seguir partidas representativas de un producto desde que sale de la explotación hasta que llega al consumidor final, tomando nota de los distintos costos o beneficios que se van presentando a su paso por los distintos agentes de comercialización, así como de los respectivos precios (Caldentey y Haro, 2004).

Procedimiento del cálculo

La carne de res sufre un alto grado de transformación para poder ser adquirida como lo exige el consumidor final. Por lo anterior, en la estimación de los márgenes de comercialización se debe tener en cuenta que durante todo el proceso se este tratando del mismo producto, y que la información utilizada sea comprobable en todos los niveles, es decir, que se refiera a la misma unidad y calidad de los productos, ya sean elaborados o no elaborados.

En la comercialización de la carne de res, es evidente que los precios que recibe el productor por un kg de bovino en pie no son directamente comparables con los precios de menudeo de la carne, pues aquel precio se refiere a la carne y subproductos alimenticios y no alimenticios y éste último sólo a carne como producto principal. La no comparabilidad de dichos precios se debe a que se refiere a distintas etapas del producto, este problema se puede resolver calculando los márgenes mediante la determinación de los valores equivalentes con el precio de 1 kg de carne al consumidor con respecto al precio pagado en pie que se paga al productor, y que se necesita para producir 1 kg al consumidor, usando para su efecto la información del proceso de transformación del bovino en pie a carne y subproductos comestibles e industriales. De esta manera, el margen absoluto total de comercialización es (M), se calcula por diferencia entre al

valor del producto en consumo (P_c) y el valor equivalente en producción (VE). Es decir, $M = P_c - VE$ $M = P_c - VE$

- Consideración de los coeficientes de transformación de la carne de res

El ganado bovino debe ser convertido en carne para satisfacer las necesidades de los consumidores finales, ello requiere de una serie de transformaciones durante todo el proceso de comercialización, las que deben ser adaptadas para cumplir las exigencias de los consumidores.

En los estudios de estimación de márgenes de comercialización de cualquier tipo de carne (pollo, cerdo y res) es necesario contar con información confiable de los coeficientes de rendimiento, de las mermas que ocurren en cada etapa o de las pérdidas que se deriven del proceso de transformación y/o comercialización (Arana, 1996).

De acuerdo al sistema de comercialización que se trate, ya sea integrado o tradicional, los coeficientes de rendimiento y mermas son diferentes en cada etapa, a causa de las características propias de cada sistema presenta.

- Coeficientes de transformación en el canal de comercialización tradicional

En el canal de comercialización tradicional, los coeficientes de rendimiento para entrada a rastro, mermas por transporte en pie, rendimientos en canal y mermas por transporte en canal se obtuvieron con la información proporcionada por los agentes participantes en los procesos de comercialización ubicados en el rastro municipal. Los rendimientos de los diferentes cortes de la canal al menudeo se recopilaron por investigación directa en carnicerías

- Cálculo de los márgenes de comercialización para canal tradicional

En el canal de comercialización tradicional, se consideró la participación de los agentes de comercialización de carne de res, la cual pasa por las siguientes etapas.

- Del productor a entrada a rastro (acopiador rural)
- De entrada de rastro a salida de rastro en canal (Introductor)
- Del detallista al consumidor final

- Para facilitar el procedimiento de estimación se utilizó la notación y, los precios ponderados de los subproductos a salida de rastro y al consumidor.
 - Obtención del valor relativo y valores equivalentes de la carne de res
- Cálculo de la cantidad de bovino en pie a entrada de rastro (QCR) que se necesita para obtener 1 kg al consumidor final.

$$QCR = \frac{K}{RT}$$

Donde:

K = cantidad de carne que se utiliza como base en los cálculos 1 kg

$$RT = \frac{\textit{peso de la canal a nivel de detallista}}{\textit{peso de bovino de entrada a rastro}}$$

Cálculo de la cantidad de bovino en pie en rancho (QCP) que se necesita para conocer 1 kg al consumidor final

$$QCP = \frac{QCR}{1 - MGT}$$

Donde:

QCR = cantidad de bovino en pie a entrada de rastro que se necesita para

obtener 1 kg al consumidor final

MGT = merma del transporte del ganado en pie al rastro

Participación de la carne en el valor total (K)

$$K = (QCR) \times (RT)$$

$$K_{sub} = (QCR) \times (RR_{sub})$$

Donde:

Ksub = cantidad de los subproductos obtenidos

QCR = cantidad de bovino en pie de entrada a rastro para 1 kg al consumidor

RT = coeficiente de rendimiento total de carne

RRsub = coeficiente de rendimiento de los subproductos a salida de rastro

Valor de carne (VK) y subproductos (Vksub)

$$VK = (K) \times (Ps)$$

$$Vksub = (Ksub) \times (Ppsub)$$

Donde:

Ppsub = precio ponderado de los subproductos

Ps = precio en canal caliente a salida de rastro

Valor relativo de la carne (VR)

$$VR = \frac{VK}{(VK + Vksub)}$$

Donde:

VK = valor de la carne

Vksub = valor de los subproductos

Valor equivalente al productor (VEP)

$$VEP = (QCP) \times (Pp) \times (VR)$$

Donde:

QCP = cantidad de ganado en pie productor para 1 kg de carne al consumidor

Pp = precio pagado al productor

VR = participación del valor de la carne en el valor total

Valor equivalente de entrada a rastro (VER)

$$VER = (QCR) \times (Pr) \times (VR)$$

Donde:

QCR = cantidad de ganado en pie de entrada a rastro para 1 kg de carne al consumidor

Pr = precio pagado a entrada de rastro

VR = participación del valor de la carne en el valor total

Valor equivalente a salida de rastro (VEC)

$$VEC = (QCR) \times (RR) \times (Ps)$$

Donde:

QCR = cantidad de ganado en pie de entrada a rastro para 1kg de carne al

consumidor

RR = coeficiente de rendimiento de la carne de entrada a salida de rastro

Ps = precio en canal caliente a salida de rastro

Valor equivalente del mayorista en canal caliente a entrada de detallista (VET)

$$VET = (QCR) \times (RR) \times (MCT) \times (PCD)$$

Donde:

QCR = cantidad de ganado en pie a entrada de rastro requerido para 1 kg de

carne al consumidor

RR = coeficiente de rendimiento de la carne de entrada a salida de rastro

MCT = merma por transporte de canal caliente a carnicerías

PCD = precio en canal caliente a detallista

Con estos valores equivalentes y la información recabada se obtuvieron los márgenes de comercialización en las etapas antes señaladas

COSTOS DE PRODUCCIÓN

En la región Sur del Estado de México el sistema de engorda de bovinos en corral, se caracterizó por mantener los animales en confinamiento, por un periodo promedio de 105 días, pero sin la utilización de corrales que impliquen altas inversiones en activos fijos ni grandes demandas de mano de obra. Los corrales de engorda están contruidos con cercas de materiales rústicos que se encuentran en la misma localidad del productor a base de postes de madera, alambre de púas u otro material de desecho. Los comederos, en su mayoría, se fabrican con tablas de madera de pino y en ocasiones de lámina de acero inoxidable.

Los bebederos se construyen con tabique y cemento, en forma de pileta. Los embarcaderos generalmente están contruidos de postes y tablas de madera con una rampa de piedra y cemento. El almacén, que es un área destinada para recepción y conservación del alimento, se construye de tabique y techo de lámina de asbesto.

La compra del ganado se llevó a cabo en plazas públicas o tianguis de ganado al precio que predomina en el mercado regional. En el periodo del estudio se encontró que el precio promedio al cual se compró el ganado fue de 17.40 \$/kg en pie, que corresponden a machos de las cruzas entre Charolais X Suizo, Simmental X Suizo y Cebú X Suizo, de 12 y 18 meses de edad y un Peso Vivo (PV) promedio de 288 kg.

La cantidad promedio de alimento proporcionado por animal diariamente fue de 11.29 kg y se basó en dietas preparadas por el productor. Los ingredientes fueron mazorca de maíz molida (3%), sorgo (18%), salvado (10%), pollinaza (10%), zacate de maíz (20%), soya (2%), alimento comercial (8%) y sales minerales (2%). El kilogramo de alimento preparado tuvo un costo de 2.60 pesos, mismo que está por debajo del precio del alimento balanceado comercial para engorda (4.25 \$/kg), lo que constituye para el productor una disminución de sus costos.

El tiempo promedio de engorda al que es sometido el ganado fue de 105 días, y cuando este alcanza un peso vivo de 488 kg., es en este momento en que los productores buscan al cliente que pague el precio más alto por su ganado. Durante el periodo del análisis, el ganado finalizado se vendió a un precio promedio de 20.80 \$/kg en pie en el corral, a acopiadores regionales y, en menor proporción, a carniceros locales (véase cuadro 37).

Caracterización socioeconómica

La totalidad de las personas que se dedican a la engorda de bovinos en corral en la región de estudio son hombres, cuya edad promedio es de 52.17 años, por lo que existen solamente dos productores menores a 40 años, es decir, la mayoría son adultos, por lo que es evidente la tendencia de las personas jóvenes a abandonar la práctica de la actividad de la engorda de bovinos en corral.

Existe solamente un productor con nivel superior, es decir, un solo engordador tiene título de Médico Veterinario Zootecnista, el resto de los engordadores solo tienen estudios de primaria y en menor grado de secundaria, el número de años promedio de estudio del total de productores fue de 9.00 años.

Cuadro 37
Parámetros de producción de bovinos en corral
en el Sur del Estado de México, 2009

Parámetro	Productores pequeños (5-20 cabezas)	Productores medianos (21 a 40 cabezas)	Productores grandes (41 a 100 cabezas)	Promedios
No. De cabezas	20.00	40.00	60.00	40.00
Raza	Cruzas	Cruzas	Cruzas	Cruzas de Charoláis x Suizo, Simmental x Suizo y Suizo x Cebú
Peso Vivo Inicial (kg)	255.00	278.00	330.00	288.00
Peso Vivo Final (kg)	445.00	498.00	523.00	488.00
Ganancia de Peso (kg)	190.00	220.00	193.00	200.00
Periodo de engorda (días)	105.00	112.00	97.00	105.00
Precio de compra (\$/kg)	18.00	17.20	17.00	17.40
Precio de venta (\$/kg)	21.00	20.20	21.20	20.80

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2009.

El tiempo promedio que los productores se han dedicado a la engorda de bovinos es de 12.08 años, el que menos tiempo tiene en dicha actividad es de 3 años, contra el productor con mayor antigüedad que es el de 20 años. Las familias se integran en su mayoría por hombres (3.50 hijos) y en menor grado por mujeres (2.50 hijas), donde el promedio de integrantes de familia por Unidad de Producción (UP), es de 6 personas.

Respecto al uso de la mano de obra familiar, esta contribuye con 6.43 hrs de trabajo por día encabezadas por el padre y los hijos hombres principalmente, en labores de limpieza, mantenimiento y conservación de equipo e instalaciones, además de preparar y proporcionar alimento a los animales. La mano de obra contratada es de 0.06 hrs/día, empleada en actividades relacionadas con la salud de los animales. El costo de oportunidad de la mano de obra familiar se estima en 150 \$/jornal, y la contratada se paga a 300 \$/jornal (véase cuadro 38).

Referente a la organización de los productores se determinó que el cien por ciento de los engordadores objeto de estudio, están integrados en diversas Asociaciones Ganaderas, que a la vez integran la Unión Ganadera Regional del Sur del Estado de México, mismos que agregan, que el apoyo que reciben por parte de dichas organizaciones es escaso, al igual que la frecuencia con que se reúne para recibir información relativa a la actividad de engorda de bovinos, es casi inexistente (cuadro 38).

La mayoría de los productores se dedican a la ganadería en general, y complementan sus ingresos con la agricultura (50%), mediante la siembra de diversos cultivos de temporal como maíz, frijol y en su minoría frutales de riego. El 40% de los mismos tiene como principal ingreso la ganadería pero a la vez son dueños de carnicerías donde distribuyen al menudeo carne de bovino producto de sus propias engordas. En su minoría (10%) son productores cuyo mayor ingreso lo perciben desarrollando otra actividad distinta a la engorda de ganado (taxistas, profesores, custodios), pero completan el ingreso familiar realizando engordas de bovinos en pequeña escala.

La superficie de tierra promedio propiedad de cada productor es de 4.67 hectáreas, mismas que en su mayoría (95%), distribuyen para la realización de actividades distintas a la engorda de bovinos (siembra, edificaciones de inmuebles, cría de distintas especies de animales) y solo el 5% de la tierra la emplean para construir los corrales de engorda donde se alojará el ganado. Cabe señalar que referente a la tenencia de la tierra propiedad de dichas personas son en su totalidad es pequeña propiedad, por lo que no existe alguna otra modalidad de propiedad dentro de este grupo de productores (véase cuadro 38).

Cuadro 38

Variabes socioeconómicas de los productores de ganado en corral en el Sur del Estado de México

Variable	Promedio
Sexo masculino (%)	100.00
Edad (años)	52.17
Escolaridad (años)	9.00
Años en la actividad	12.08
No. de integrantes en la familia	6.00
- Hijos hombres	3.50
- Hijos mujeres	2.50
Mano de obra total (hrs/día)	6.49
- Mano de obra familiar (hrs/día)	6.43
- Mano de obra contratada (hrs/día)	0.06
Participación en organizaciones (%)	100.00
Actividad principal y complementaria (%)	
- Ganadería y agricultura	50.00
- Ganadería y carnicería	40.00
- Otros y ganadería	10.00
Superficie total de tierra (ha)	4.67
- Superficie para engorda de bovinos (%)	5.00
- Superficie para otros usos (%)	95.00
Tenencia de la tierra (%)	
- Pequeña propiedad	100.00

Fuente: Elaboración propia con información de campo, 2009.

Costos de producción

La estructura de costos de producción a nivel privado y por cabeza, considerando el costo de adquisición del animal, se constituyó, en su gran mayoría, por el costo del novillo (56.8%), seguida por el costo del alimento y mano de obra (34.9 y 3.6%) del costo total. En caso de no considerar el costo de adquisición del animal, el insumo alimento representó 79.9% del costo total, seguido por la mano de obra (8.3%) y finalmente, el resto de los insumos, que en su conjunto representaron 4.6%, incluyendo el animal y, 11.8% sin incluir al animal, dichos costos incluyeron medicamentos, agua, fletes y maniobras, así como equipos e instalaciones. Cabe destacar la baja participa-

Cuadro 39
Desagregación de costos de producción en bovinos
en corral en el Sur del Estado de México

Concepto	Costo/cabeza (incluye costo del animal)		Costo/cabeza (sin incluir costo del animal)	
	(\$)	(%)	(\$)	(%)
INSUMOS COMERCIALES				
Adquisición del animal	5,011.2	56.8	-	-
Alimentación	3,081.5	34.9	3,081.5	79.9
Vitaminas	26.2	0.3	26.2	0.6
Desparasitantes	17.4	0.2	17.4	0.4
Materiales diversos				
Jeringas	10.0	0.1	10.0	1.5
Palas	1.1	0.0	1.1	0.1
Carretilla	1.4	0.1	1.4	0.1
Combustible	59.2	0.6	59.2	1.5
FACTORES INTERNOS				
Mano de Obra				
Técnico en veterinaria	6.1	0.1	6.1	0.1
Obrero	316.5	3.5	316.5	8.2
Aguas	54.8	0.6	54.8	1.4
Gastos Diversos				
Documentos de propiedad	15.5	0.1	15.5	0.4
Guía sanitaria	5.3	0.1	5.3	0.1
Uso de báscula	7.0	0.0	7.0	0.1
Fletes y maniobras	70.0	0.7	70.0	1.8
INSUMOS NO COMERCIALES				
Vehículos	48.0	0.5	48.0	1.2
Instalaciones				
Cercas	35.0	0.4	35.0	0.9
Comederos	10.0	0.1	10.0	0.2
Bebederos	6.4	0.1	6.4	0.1
Embarcaderos	10.2	0.1	10.2	0.2
Bodegas	24.1	0.2	24.1	0.6
COSTOS TOTAL	8,817.3	100.0	3,806.1	100.0
INGRESO	10,150.4		4,160.0	
GANANCIA	1333.0		353.8	

ción de los costos en equipo e instalaciones, mismos que reflejan la limitada tecnología que se utiliza en esta actividad productiva (véase cuadro 39).

El costo total de producción fue 8,817.3 \$/cabeza y el ingreso recibido por la venta fue 10,150.4 \$/cabeza en pie y en corral, por lo que la ganancia obtenida por diferencia entre el ingreso recibido y el costo de producción fue 1,333.0 \$/cabeza (véase cuadro 39).

Para la obtención de indicadores de rentabilidad, eficiencia y competitividad, fue necesario determinar las relaciones de cada una de las variables que indica la Matriz de Análisis de Política (véase cuadro 40).

Cuadro 40
Estructura de la Matriz de Análisis de Política
a precios privados

Concepto	Ingresos Totales	Costos de Producción		Factores Internos	Ganancias
		Insumos Comerciales	Insumos No Comerciales		
Precios Privados	10,150.4	8,208.1	133.8	475.3	1,333.0

Coeficiente de Rentabilidad Privada (CRP)

La engorda de bovinos en corral en la región de estudio fue rentable, ya que se observó que después de remunerar todos los factores de la producción, permaneció un margen de ganancia en el ingreso del producto, equivalente al 15% por peso invertido (véase cuadro 41).

Relación de Costo Privado (RCP)

La actividad, en general, presentó una RCP favorable, pues el valor resultante fue mayor a cero, pero menor a uno; lo cual indicó que la engorda de bovinos en la región y bajo las condiciones descritas, es competitiva y reciben ganancias extraordinarias, dado que después de remunerar a los factores de la producción, tanto propios como contratados, permanece un residuo en el valor agregado que es la retribución a la gestión del productor.

La RCP se ubicó en 0.2 lo cual indica competitividad y eficiencia en términos privados, debido a que al minimizar el RCP se incrementa la ganancia privada (véase cuadro 41).

Valor Agregado a Precios Privados (VAP)

Dicho valor representa un remanente en el ingreso total, después de haber cubierto el costo de los insumos comerciables y no comerciables, expresado en términos monetarios por la venta de un bovino en pie. Es decir, después que se liquidó el costo de los insumos, hubo un remanente en el ingreso recibido de 1'808.4 \$/cabeza, necesario para el pago de mano de obra y la ganancia del productor principalmente.

Valor Agregado en el Ingreso Total (PCIP)

El PCIP fue 17.8% con respecto al ingreso total, lo que significa la mínima participación en la generación de empleo de esta actividad productiva en la región, dicho porcentaje se utilizó para el pago o remuneración de factores internos de la producción (mano de obra y agua principalmente), así como la ganancia del productor; de tal manera que este valor refleja el efecto del sistema de producción hacia el interior del propio sistema productivo (véase cuadro 41).

Consumo Intermedio en el Ingreso Total (VPAP)

Este indicador se ubicó en 82.2 , lo que indica que la mayor parte del ingreso generado por esta actividad, no permanece en la región, sino que se va hacia otro sector de la economía, por concepto de adquisición de insumos comerciables. En trabajos realizados por Posadas *et al.* (2009) y Gamboa *et al.* (2005), coinciden con los resultados obtenidos en los diferentes estratos del presente estudio, ya que reporta que la engorda de bovinos es rentable y competitividad a precios privados, y por tanto, obtiene ganancias netas positivas y un coeficiente de rentabilidad mayor que cero.

COMERCIALIZACIÓN

Canales de comercialización

La comercialización del ganado bovino de carne producido en el Sur de la Entidad se realiza en alrededor del 80% en el mercado regional de "Báscula" ubicado en el municipio de Luvianos, mientras que el restante se realizó en las mismas explotaciones, a la que acudieron directamente los acopiadores, quienes posteriormente lo venden en el mercado o lo trasladan a otros mercados o centros de engorda de la región o foráneas. La mayoría

Cuadro 41
Resumen del presupuesto a precios privados
o de mercado en la engorda de bovinos en corral
en el Sur del Estado de México, 2009

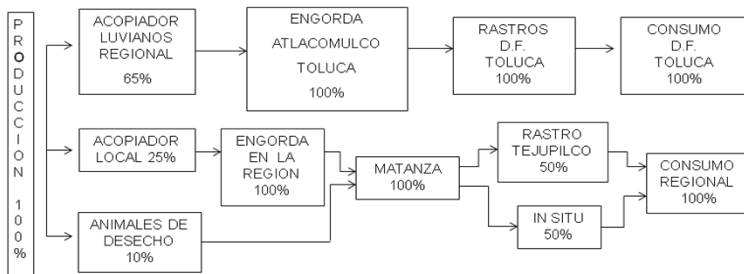
Concepto	Promedio
Rentabilidad privada o ganancia (\$) $D = A - B - C$	1,333.0
Coefficiente de rentabilidad privada (%) $RRP = D / (B + C)$	15.0
Relación del costo privado $RCP = C / (A - B)$	0.2
Valor agregado a precios privados (\$) $VAP = (A - B)$	1,808.4
Consumo intermedio en el ingreso total (%) $PCIP = B / A$	82.2
Valor agregado en el ingreso total (%) $PVAP = (A - B) / A$	17.8

Elaboración propia con información de campo, 2009.

del ganado que se vende en estos mercados son becerros y toretes con un peso promedio de 445 a 523 450 kilogramos de peso, los cuales durante ese año los precios a los que se comercializaron oscilaron entre \$20.00 y \$21.25 por kilogramo. En este mercado regional, las mayores ventas ocurrieron en los meses de octubre a diciembre, cuando se situaron en un promedio de 1'500 cabezas por mes, mientras que en los meses de junio y julio, las ventas fueron las más bajas, al ubicarse entre 800 y 900 cabezas por mes.

El canal de comercialización más importante del ganado bovino de carne es el que va del productor al acopiador de Luvianos (véase figura 12), por la que se comercializa alrededor del 80% del ganado. En este canal, el becerro se destina principalmente a los engordadores de Atlacomulco, Toluca y de Luvianos, quienes finalmente enviarán el ganado ya finalizado a los rastros del Distrito Federal y Toluca, aunque una pequeña parte será destinada al consumo local. El otro canal de comercialización importante, es el que inicia con el productor que envía animales de desecho y algunos animales engordados en la propia zona productora que se destinan al rastro local o a las matanzas in situ, para después ser distribuidas a las carnicerías de la región.

Figura 12
Canales de comercialización del ganado bovino de carne en el Sur del Estado de México



Los procesos de negociación comercial entre los diversos agentes participantes en la comercialización de ganado bovino en la región ocurren de manera esporádica y de corto plazo, sin objetivos comunes a lo largo de la cadena producción consumo. El canal de comercialización más importante es la que va del productor al acopiador de ganado, y de allí al mercado de Luvianos para la venta del ganado principalmente a los engordadores foráneos, el otro canal es del productor a los engordadores y acopiadores que abastecen de ganado de carne al rastro o a las matanzas *in situ*. En este último canal se observa una limitada presencia de intermediarios, y es común encontrar al carnicero desempeñando el papel de acopiador, por ello los márgenes de comercialización, a nivel de mercado local son reducidos (véase cuadro 42).

Márgenes de comercialización

La comercialización del ganado bovino de carne en la región Sur de la Entidad está poco desarrollada; el canal de comercialización más importante es la que va del productor al acopiador de ganado, y de allí al mercado de Luvianos para la venta del ganado principalmente a los engordadores foráneos, el otro canal es del productor a los engordadores y acopiadores que abastecen de ganado de carne al rastro o a las matanzas *in situ*. En este último canal se observa una limitada presencia de intermediarios, y es común encontrar al carnicero desempeñando el papel de acopiador, por ello los márgenes de comercialización, a nivel de mercado local son reducidos.

Cuadro 42**Márgenes de comercialización de la carne de res, 2009**

Agente de comercialización	\$/Kg.	%a
A. Precio al productor	38.09	59.0
B. Precio en canal	50.21	77.7
C. Precio al consumidor	64.58	100.0
D. Margen de comercialización (B-A)	12.12	18.8
E. Margen de comercialización (C-B)	14.37	22.3
F. Margen total de comercialización (C-A)	26.49	41.0

a/Porcentaje en relación al precio al consumidor

El productor participó con el 59% de precio de venta al consumidor, en tanto que el valor restante fue apropiado por el rastro y el carnicero. Los márgenes de comercialización entre el precio al productor y los precios en canal y al consumidor son \$12.12 y \$14.37 por kilogramo. El margen total de comercialización fue de \$26.49 por kilogramo (Tabla 8). Si bien es cierto, que los productores obtienen un elevado margen de comercialización, también es cierto que éstos mantienen el ganado el mayor tiempo bajo su cuidado, implicando mayores gastos por cabeza, lo que limita su capacidad de negociación en el momento de la venta de su ganado en comparación con las ventajitas que tiene el que solamente se dedica a la engorda.

CONCLUSIONES

Los engordadores de ganado en corral en el Sur del Estado de México son en su totalidad hombres cuya edad promedio es de 52.17 años de edad, su nivel de escolaridad es de primaria (17%), secundaria (75%), y superior (8%). Su estructura familiar está integrada en su mayoría por hombres (58%) y en menor grado por mujeres (42%), donde la actividad principal del jefe de familia es la ganadería (90%), además de otras actividades que complementan sus ingresos como la agricultura y las carnicerías, solo el 10% de los productores tienen como actividad principal otras actividades (taxistas, profesores, custodios) y complementan sus ingresos realizando engordas de bovinos en pequeña escala.

Las estimaciones de costos de producción confirmaron la alta proporción que guardan los insumos comerciables, que en su mayoría se constituyeron por la adquisición de los toretes y el alimento, confirmado por otros

trabajos, que los ubicaron en un alto porcentaje del total de los costos de producción.

La relación de costo privado (RCP) indicó eficiencia y competitividad, debido a que después de remunerar el costo de los insumos (comerciables y no comerciables) permaneció un residuo en el ingreso, suficiente para el pago de los factores internos y quedando aún un remanente que fue la ganancia del productor debido al uso eficiente de la mano de obra.

El bajo porcentaje de valor agregado (VAP) significa la mínima participación que tiene esta actividad en la generación de empleo directo, ya que una alta proporción de ésta, es constituida por los insumos comerciables y en menor medida los factores internos, entre los que se encuentra la mano de obra. Este bajo porcentaje tiene su contraparte en un alto consumo intermedio (PCIP), es decir, una alta proporción del ingreso recibido se utilizó para pagar insumos, principalmente alimento, que tiene un elevado componente de importación, por lo que limita el efecto multiplicador en la economía regional.

La engorda de ganado bovino en la región continúa como actividad rentable debido a los altos ingresos recibidos por la venta del ganado, una adecuada capacidad de negociación y finalmente la evidente presencia en la generación de economías de escala.

Los costos de producción estimados mostraron una alta proporción que guardan los insumos comerciables, que en su mayoría se constituyeron por alimentos. La variación en los costos de producción entre los diferentes estratos fue evidente, debido a que los grandes productores tuvieron una mayor integración en la elaboración de la dieta; es decir, obtuvieron cada uno de los insumos que la componen a menor costo, que se reflejó en una disminución significativa del costo del alimento ya preparado y economías de escala en la adquisición de los insumos.

Las relaciones de costo privado (RCP) en los tres estratos indicaron solvencia y competitividad, no obstante la relación de costo privado de los medianos y grandes productores fue menor que los pequeños, por lo que la tendencia hacia mayor grado de competitividad se asocia con el mayor ingreso recibido por la venta y el menor costo producción. El bajo porcentaje de valor agregado (VAP) significa la mínima participación que tiene esta actividad en la generación de empleo directo, ya que una alta proporción de ésta, es constituida por los insumos comerciables y en menor medida los factores internos, entre los que se encuentra la mano de obra. Este bajo porcentaje tiene su contraparte en un alto consumo intermedio (PCIP), es decir, una alta proporción de los ingresos recibidos se utilizaron para pagar insumos, principalmente alimento, que tiene un elevado componente

de importación, por lo que limita el efecto multiplicador en la economía regional.

La engorda de ganado bovino en la región continúa como actividad rentable, en productores con hatos superiores a 50 cabezas, debido a los altos ingresos recibidos por la venta de su ganado, una mayor capacidad de negociación y a la generación de economías de escala. Sin embargo, el punto débil en el proceso de apropiación de mayor valor agregado por parte del productor es su limitada integración al mercado, ya que la cadena productiva no está integrada, en donde los diversos agentes que participan en este proceso, actúan de manera independiente y sin establecer objetivos comunes de largo plazo. La comercialización continúa desarrollándose bajo el esquema tradicional, en la cual productores de ganado bovino se dedican principalmente a la venta del ganado en pie a los engordadores, actividad que seguramente también lo podrían hacer los propios productores y con ello tener un mayor valor agregado por su ganado.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- CALDENTEY, A.P. 1979. *Comercialización de Productos Agrarios*, Editorial Agrícola Española. Madrid, España.
- COCHRAN, W. G. 1985. *Técnicas de Muestreo*, Ed. CECSA. México, D. F.
- FAO. 2005. *Desarrollo de la capacidad técnica para la evaluación de la competitividad de los productos agropecuarios y los efectos de la apertura comercial*, Roma, Italia.
- GARCÍA, M. R, García, D. G. y Montero, H.R. 1990. *Notas sobre mercados y comercialización de productos agrícolas*, Centro de Economía. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- HERNÁNDEZ, M. J., Rebollar, R. S., Rojo, R. R., García, S. J. A., Guzmán, S. E., Martínez, T. J. J., Díaz, C. M. A. 2008. *Rentabilidad privada de las granjas porcinas en el Sur del Estado de México*. Universidad y Ciencia 24 (2): 117-124.
- HERNÁNDEZ, R., Fernández, C., Baptista, P. 2003. *Metodología de la investigación*, 3ª. ed. México, D.F. Mc Graw-Hill. 705 p.
- LARA, C. D., Mora, F. J. S., Martínez, D. M. A., García, D. G., Omaña, S. J. M., Gallegos, S. J. 2003. "Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco", México. *Agrociencia* 37: 85-94.

- MONKE, E. and S. Pearson 1989. *The Policy Analysis Matrix for Agricultural, Development*. Cornell University Press. Ithaca, USA.
- PERDANA, T. 2003. *Competitiveness and comparative advantage of beef cattle fattening in Bandung Regenc*, Research Institute Padjadjaran University, Bandung.
- POSADAS, D. R. R., Rebollar, R. S., Hernández, M. J., González, R. F.J., 2009. "Eficiencia económica en bovinos carne engordados en corral, en el Sur del Estado de México", en: Cavalloti V. B. A., Marcof, A. C. F., Ramírez, V. B. (Edits). *Ganadería y seguridad alimentaria en tiempo de crisis*, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. pp. 157-166.
- REBOLLAR, R. S., Hernández, M. J., Rojo, R.R., González, R.F.J., Albarrán, P.B. 2007. "Caracterización y rentabilidad del ganado bovino de carne en el Sur del Estado de México", *XLIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaría. Universidad Autónoma de Sinaloa*. Culiacán, Sinaloa.19-21 de noviembre 2007.
- RUIZ, F.A, Sagarnaga, V.M.L., Salas, G.J.M., Mariscal, A.V., Estrella, Q.H., González, A. M, Juárez, Z.A. 2004. Impacto del TLCAN en la Cadena de Valor de Bovinos para Carne, Universidad Autónoma Chapingo. <http://www.cnog.com.mx/Estudios/Estudios/Impacto%20del%20TLCAN%20en%20la%20cadena%20Bovinos%20para%20Carne.pdf>
- SAGARPA 2008. *Información Estadística. Distrito de Desarrollo Rural 076 de Tejupilco*, Estado de México.
- SAGARPA 2007. *Situación Actual y Perspectiva de la Producción de Carne de Bovino en México*, Coordinación General de Ganadería. México, D.F.
- SEDAGRO 2006. Programa Institucional. Gobierno del Estado de México, <http://www.edomexico.gob.mx/sedagro/sedagro.htm>
- SOSA, M. M., García, M. R., Omaña, S. J. M., López, D. S., López, L. E. (2000). Rentabilidad de doce granjas porcícolas en la región noroeste de Guanajuato en 1995, *Agrociencia* 34: 107-113.

CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAPRINA EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO

ERNESTO JOEL DORANTES-CORONADO,^{a*} JUVENCIO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ^a,
SAMUEL REBOLLAR- REBOLLAR,^a ROLANDO ROJO-RUBIO^a

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la caracterización socioeconómica del sistema de producción de cabras locales en Amatepec y Tejupilco municipios del Estado de México. La metodología incluyó una revisión documental de las características geográficas, tecnológicas y de mercado de los municipios involucrados en la actividad caprina del Sur del Estado de México, continuando con un diagnóstico a través de un estudio descriptivo, prospectivo y transversal. La información de campo provino de 60 encuestas con visitas periódicas a dos comunidades del municipio de Tejupilco y 7 comunidades del municipio de Amatepec. Los resultados arrojan que se trata de sistemas extensivos donde las cabras pastorean 6.08 ± 2.27 horas diarias en la mañana en potreros de 3.14 ± 4.03 ha y se encierran por las noches. Las cabras se han encastado en diferentes proporciones con sementales de raza Nubia, con la intención de producir animales para carne teniendo venta de animales gordos en un 20%, un 58% de venta de corderos al destete y 17%, autoconsumo, utilizando 67% de mano de obra familiar. La edad promedio de los productores es 53.62 ± 10.44 años, formando familias de 6.58 ± 2.80 integrantes. Con relación al nivel

^a Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Km. 67.5, Carretera Toluca-Cd. Altamirano, Gro., Col. Barrio de Santiago S/N. Temascaltepec, Estado de México. C. P. 51300. *Autor para correspondencia .

educativo del caprinocultor 27% de ellos son analfabetas y 47% cursaron primaria, El tamaño de los hatos es de 15.30 ± 10.80 cabras por productor. En la alimentación el 75% proporciona suplementación alimenticia, principalmente en época lluviosa a base de maíz entero, no se dan minerales, pero el 47% adiciona sal común. No existe un programa sanitario; se efectúan desparasitaciones en un 96.7% de hasta 3 veces al año. Se concluye que los factores edad, baja escolaridad, hatos pequeños y alto número de integrantes de familia limitan el cambio tecnológico.

INTRODUCCIÓN

Con un inventario caprino de 8'993,221 cabras, México se sitúa dentro de los países con mayor población caprina en el continente americano (SIAP, 2010a). En el territorio nacional los tres estados con mayor concentración de cabras son Puebla, Oaxaca y Guerrero con 1'454,274, 1'206,421 y 662,458 cabras respectivamente. Destacando su importancia el Estado de México que ocupa el lugar 14 de los estados de la República Mexicana con 122,986 cabezas (SIAP, 2010b). Asimismo las zonas representativas de la actividad caprina en el Sur del Estado de México, son los municipios de Tejupilco, Amatepec, Tlatlaya, Luvianos, Zacualpan y Sultepec pertenecientes a los distritos de desarrollo (DDR) 076 y 078, estos municipios cuentan con el 46.30% de las unidades productivas, manteniendo la existencia del 55.90% de cabras del total estatal (Censos Agropecuarios, 2007; Rebollar *et al.*, 2012). Es posible que las condiciones orográficas de la región Sur del Estado de México caracterizada por grandes abismos, profundas barrancas y altas cimas combinadas con la capacidad de la cabra para el ramoneo, resistencia para caminar grandes distancias, agilidad y temperamento vivaz forjen las condiciones en las cuales la cabra se mantiene y produce aportando proteína de alto valor biológico a las poblaciones rurales de esta región. Sin embargo a pesar de esta marcada importancia, los caprinocultores son en términos generales productores marginados con problemas sociales como bajo nivel educativo, incluso analfabetismo, familias numerosas con rebaños pequeños y de escasa tecnología. Esta ganadería basada en formas tradicionales de crianza, cuyos objetivos de producción es el ahorro y autoconsumo se le conoce actualmente como del "sector social" de gran importancia no solo desde el punto de vista económico sino también social al dar trabajo a las familias y fomentar el arraigo rural. Al respecto los gobiernos federales y estatales, han gastado infinitas cantidades de recursos, dedicados al fomento de los habitantes del medio rural,

especialmente a las actividades productivas del campo como un intento de elevar la calidad de vida de los productores a través del incremento en la productividad de sus unidades de producción. Sin embargo esto no ha sido tarea fácil y a pesar de que el propósito inicia desde el siglo XX parece no repercutir en grandes cambios tecnológicos o económicos en estos sistemas de producción caprina. Es posible que parte del problema, exista por el incremento en la especialización tecnológica, que ha llevado a aislar a las disciplinas involucradas en la producción animal (nutrición, reproducción, genética, sociedad, economía, etcétera) que ha limitado a enfrentar la complejidad del sistema, no permitiendo resolver los problemas a los que se enfrentan, impidiendo la interacción y dinámica de todo el sistema (De Lucas, 2012). En consecuencia, elevar la producción caprina del sector social o sistemas tradicionales no sólo se limita a innovaciones técnicas, ya que la interacción con los factores sociales y económicos son muy diversos e importantes (De Lucas y Arbiza, 2010). Conocer los aspectos socioeconómicos de estas poblaciones caprinas del Sur del Estado de México, podría permitir la propuesta de programas de generación de tecnología, que a su vez propicien proyectos encaminados a un mejoramiento productivo de los caprinos bajo modelos de sustentabilidad y bienestar animal que permitan la conservación de estos sistemas de producción caprina. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue la caracterización socioeconómica del sistema de producción de cabras locales en Amatepec y Tejupilco municipios del Estado de México.

Figura 13 a y b
La caprinocultura da trabajo a las familiar del Sur del Estado de México y fomentar el arraigo rural



METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en los municipios de Tejupilco y Amatepec, Estado de México, durante 2009. Tejupilco se encuentra entre 18°45'30" y 19°04'32" latitud norte de y 99°59' 07" y 100°36' 45" longitud oeste; la altitud, temperatura y precipitación promedio anual son 1340 msnm (metros sobre nivel de mar), 26.5°C y 1025.3 mm. Amatepec, se ubica a 18°40'58" de longitud norte y 100°11' 11" de longitud oeste. La altitud, temperatura y precipitación media anual, es 1475 msnm, 32.5°C media máxima y 13.5°C media mínima, 1840 mm (Cardoso, 1998a; Cardoso, 1998b). Se utilizó información, vía fuentes secundarias, de características geográficas, tecnológicas y de mercado de los municipios en cuestión e información de campo proveniente de un muestreo aleatorio simple y con reemplazo, compuesto por 60 caprinocultores de un total de 513 (SAGARPA, 2009). La encuesta consideró información en variables socioeconómicas, productivas y tecnológicas. La expresión para la determinación del tamaño de muestra, para poblaciones finitas (Rebollar y Jaramillo. 2012) fue:

$$n = \frac{Z^2 (p * q) N}{E^2 (N - 1) + Z^2 (p * q)}$$

Donde: n = Tamaño de la muestra; N = Tamaño de la población; Z = valor de la distribución asociado a el nivel de confiabilidad de 90%; p = Proporción de la población con la característica de estudio = 0.5; q = Proporción de la población sin la característica de estudio = 0.5 y E = Error = 10%. Para este caso; N fue 513, Z = 1.645.

Para su análisis, la información se vació en el programa SPSS 18, además de la utilización de medidas de tendencia central, de dispersión y porcentajes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medio físico

Una de las características naturales importantes de la zona Sur del Estado de México, es la orografía, la región se encuentra dentro de sierras que forman parte de la Cordillera Central donde la vegetación es cambiante y representada por el marcado gradiente de altitud (véase cuadro 43). El te-

Cuadro 43
Condiciones medioambientales de los municipios representativos
de la zona Sur del Estado de México

Municipio	Altura msnm	Temperatura	Clima	Precipitación mm
Tejupilco	2500	Zona norte y oriente media 22°C	Semicálido subhúmedo	1000 a 2200
	1330	Zona sur 26°C	Cálido subhúmedo	800 a 1200
Amatepec	2400	Zona este 20°C	Semicálido subhúmedo	1300 a 1500
	1450	Zona centro norte y sur 24°C	Calido subhúmedo	1100 a 1500
Luvianos	1300	Temperatura mínima 18°C y máxima de 38°C	Tropical Lluvioso	1500 a 2200
		Temperatura media 21°C	Semicálido subhúmedo	1000 a 1500
Tlataya	1500	Zona centro media 18°C	Semicálido	
Zacualpan	2050	Zona poniente media 25°C	Tropical	1100 a 1400
Sultepec	1950 a 2430	Mínima de 8°C Máxima 40°C	Cálido subhúmedo	1100

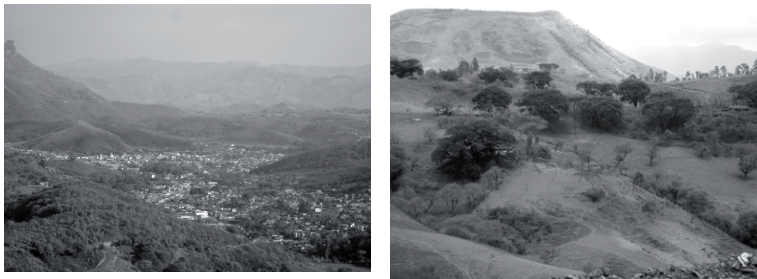
Cardoso S.A. 1998

rreno es accidentado con numerosas cañadas. Bajo estas condiciones orográficas se puede destacar tres distintas comunidades vegetales (Gómez de Silva, 1997):

1. La selva baja caducifolia de la cuenca aledaña al balsas, representada con alturas de 1,300 msnm, algunas especies son características de la vegetación tropical, selvas con asociaciones de árboles de baja estatura entre 8 y 12 m, con copas extendidas y con estrato arbustivo muy denso entre las que se encuentran, Leguminosas, *Euphorbiaceae*, *Cactaceae*, *Anacardiaceae*, con una alta diversidad florística.
2. Bosque de pino-encino con gramíneas amacolladas. Se localiza a los 1,500 a 2,000 msnm, este tipo de bosque cuenta con especies arbóreas como ocote rojo, ocote chino, ocote, encino de hoja ancha, laurelillo, algodóncillo, madroño, capulín y, en el estrato a ras de suelo, se encuentran zacates del género bromus sp.
- 3) Bosque mesófilo. De 2,000 a 2,500 msnm. A este bosque también se le llama bosque de niebla, caracterizado por estar envuelto casi constantemente por niebla. En México áreas que ocupan este tipo de bosques se ha reducido por lo menos en 50% catalogándose como "hábitat en peligro de extinción". Entre las actividades humanas que más lo han afectado se pueden mencionar el cultivo del café, establecimiento de huertas de arboles frutales y ganadería extensiva, como se observa en estas regiones (Rebollar *et al.*, 2012).

Las características anteriores de clima y orografía muestran que esta parte del territorio estatal, se constituye por áreas no aptas para utilizarse con fines agrícolas y de ellas la mayor parte corresponde a agostaderos donde especies domésticas como ganado vacuno es limitado a reducidas áreas a excepción de la cabra, que puede sobrevivir y producir en estas condiciones. Los caprinos son animales rústicos que se adaptan a diferentes situaciones ambientales (Devendra, 1980). La cabra tiene un gran movimiento de sus labios y puede arrancar hojas pequeñas de arbustos o árboles, aunque tengan espinas, que la hace aprovechar alimentos en el agostadero que otras especies animales no pueden utilizar. Las cabras, son animales resistentes, ágiles, vivarachos y vagabundos capaces de moverse en terrenos accidentados y de difícil acceso. En consecuencia, las condiciones de medio y ambiente, combinadas con atributos de la cabra, repre-

Figura 14
La región se encuentra dentro de varias sierras que forman parte de la Cordillera Central y esta representada por el mercado gradiente de altitud



sentan un potencial importante de la producción caprina en esta región (Cantu, 2008; Rebollar y Rojo, 2010).

Zonas productivas del Estado de México

Las zonas productivas de la ganadería en el Estado de México se dividen en cinco regiones para su atención por el organismo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) con sus diferentes delegaciones. En esta forma, se tiene la Zona norte con las delegaciones Atlacomulco y Jilotepec, la centro con Metepec, Atlacomulco y Valle de Bravo, en su territorio nor-este; las zonas nororiente y suroriente atendidas por delegaciones Zumpango y Texcoco; zona suroriente, atendida por la subdelegación Chalco e Ixtapaluca y, la zona sur supervisada por Tejupilco, Coatepec Harinas y Valle de Bravo (SEDAGRO, 2012).

En el 2010, a nivel nacional, el Estado de México ocupó la posición 14 en inventario caprino, con 123 miles de cabezas (SIAP, 2010b). De acuerdo al censo ganadero 2007, del total estatal, 46.30% de las unidades productivas se encontraron en la región sur, al concentrar 55.90% de animales del inventario estatal (véase cuadro 44). Tejupilco, Amatepec, Tlatlaya y Luvianos, municipios pertenecientes al Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 076 con sede en Tejupilco, además de Zacualpan y Sultepec agrupados al DDR 078 con sede en Coatepec Harinas se consideran importantes en cuanto a producción de esta especie.

El objetivo de estos sistemas de producción se orienta a la obtención de carne, para la elaboración de platillos como birria y tacos de chivo en establecimientos de calles principales en diferentes municipios y puestos

Cuadro 44
Unidades de producción con caprinos, existencias
totales y función zootécnica en los sistemas
de producción caprina en el Sur del Estado de México

Municipio	Unida- des de produc- ción	Existen- cias de cabras totales	Anima- les que viven en terrenos de la vi- vienda	Hem- bras paridas	Anima- les de ordeño
Tejupilco	1 270	12 170	7 688	1 403	1
Amatepec	518	5 292	2 499	1 470	11
Tlatlaya	807	9 700	5 630	1 775	0
Luvianos	385	4 005	2 832	870	5
Zacualpan	583	7 477	6 981	1 024	0
Sultepec	1 603	16 588	11 540	5290	1
Total municipios	5 166	55 232	37 170	11 832	18
Total estatal	11 157	98 795	71 160	18 816	783

Adaptado de: Censos Agropecuarios, 2007

semifijos en días de “plaza” (Rebollar *et al.*, 2007; Rebollar *et al.*, 2012). De 11.83 miles de hembras contabilizadas en las Unidades de Producción del Sur del Estado de México, solo 18 (0.15%) se ordeñaron lo que da pauta para aptitud netamente cárnica de la especie (véase cuadro 44).

Condiciones socioeconómicas y tecnología

Los sistemas de producción animal, en particular con la especie caprina, es quizá una de las pocas posibilidades de producción y arraigo rural de los campesinos marginados por su importancia económica, ya que se mantiene bajo condiciones de limitada alimentación y forrajes pobres (Devendra, 1980; Devendra, 2010).

Las cabras son las más olvidadas en los programas de apoyo de los gobiernos en los países en vías de desarrollo. Las cabras se encuentran asociadas en la mayoría de las ocasiones a productores pobres y regiones marginadas, con escasa tecnología obstaculizada por bajos niveles de escolaridad y una falta de conocimiento por los técnicos, de los sistemas de producción regionales. En consecuencia el desarrollo de la tecnología y la investigación, no mejoran las condiciones de vida de las comunidades rurales (Devendra, 1980).

Los caprinos de la región Sur del Estado de México, representan un importante ingreso económico para numerosas familias campesinas de bajos recursos, es una actividad caracterizada por emplear mano de obra familiar y desarrollarse en forma extensiva con un nivel tecnológico bajo. A pesar de ello, la mayoría de los productores consideran dicha actividad re-dituable a corto plazo, por su alta prolificidad reproductiva y demanda de la carne de cabrito en los mercados regionales y nacionales. Por lo general se tienen 3 partos cada dos años, con un 2.70% de abortos. La mortalidad es 2.80% en caprinos adultos y 10% de muertes de crías. En 25% de las unidades de producción se practica la engorda de los cabritos ofreciendo únicamente maíz en grano. Uno de los principales problemas de esta actividad ganadera es el cuidado de las cabras en campo, ya que requieren de un pastor o tener bien circulado sus potreros y para lo cual el aspecto económico es la principal limitante (ICAMEX, 2012)

Diagnóstico socioeconómico Sistema de producción

Los sistemas de producción caprinos, generalmente, se clasifican en extensivos, intensivos o mixtos, sin embargo, más del 70% de tales sistemas son extensivos, es posible que el sistemas de producción extensivo sea el más utilizado debido a las pocas instalaciones que se necesitan y forma más barata de producir (Mellado, 1997). Al respecto la región Sur del Estado de México incluye una variante, la de pastorear los animales durante el día con una media de 6.08 ± 2.27 horas acompañado de un pastor en extensiones de terreno promedio de 3.14 ± 4.03 hectáreas (ha) con encierro nocturno en corrales rústicos, similar a lo reportado por Dorantes *et al.* (2009) y Rebo-llar *et al.* (2012). Los sitios de pastoreo cambian a través de las diferentes épocas del año, en periodo de primavera-verano y parte del otoño, los animales pastorean los cerros o cañadas debido a que los potreros se encuentran ocupados con cultivo de maíz. Después de haber cosechado la mazorca las cabras entra a pastoreo en agostaderos. En este tipo de sistemas cuando las condiciones ecológicas son benignas (julio a octubre), existe una gran diversidad de la composición botánica de zacates y hierbas lográndose un buen balance en la dieta. En contraste en las condiciones de mínima precipitación la vegetación es escasa, en consecuencia Olivares *et al.* (2011) reporta que los rumiantes aprovechan la composición botánica arbórea de leguminosas como Cubata, Parota, Pinzan, Huizache, Guaje colorado entre otros, donde el fruto de estos árboles es fuente principal de alimento con 63.7% de consumo comparado con la época de lluvias.

Figura 15 a y b
Sistema extensivo con pastoreo diurno
y encierro nocturno en corrales rústicos



Figura 16 a y b
Cabras aprovechando la composición botánica arbórea



Razas caprinas

En el Estado de México, a pesar de la deficiencia en información precisa con relación a la composición histórica de razas caprinas, en su mayoría son consideradas como “criollas”, mostrando con esto, que son producto de la descendencia de cruzamientos entre razas traídas a México durante la colonia. Estas razas incluyen: Murciano-Granadina, llamada “Granadina” en México y probablemente otras como la Blanca Celtibérica. Posteriormente otras razas como: Saanen, Toggenburg, Anglo-Nubia y Alpina, fueron introducidas de Europa y Estados Unidos de Norteamérica con el fin de crear programas de mejoramiento genético para incrementar la producción de leche. En el caso de la producción de carne, la raza Nubia y más recientemente la raza Boer han sido utilizadas para crear un aumento en la producción de carne principalmente bajo sistemas de producción extensivos (ICAMEX, 2012). Sin embargo la mayoría del ganado en la región Sur del Estado de México es criollo (Rebollar *et al.*, 2012), que se ha encastado en diferentes proporciones mediante la utilización de sementales Nubios (Dorantes *et al.*, 2009)

Aspectos sociales

Más de la mitad de los productores responsables de las unidades productivas se encuentran en edades por arriba de los 50 años y su edad promedio se halla en los 53.62 ± 10.44 años (véase cuadro 46). situación que puede conducir a tomar decisiones conservadoras de bajo riesgo (Robles, 2011). Asociado a la problemática de la existencia del 27% de productores sin escolaridad y un 47% de escolaridad primaria, esta situación puede conducir a consecuencias como: ganaderos que mantienen sin cambios los sistemas de producción heredados y poco interés por cambiar o mejorar su forma de producción en consecuencia sólo se vacuna el 27% del hato total del Sur del Estado, se desparasita el 20% y el 6.6% da alimento complementario a sus cabras (véase cuadro 45). El número de integrantes de la familia está relacionado con las actividades del campo debido a que no se contrata mano de obra y son los hijos como pastores los que cuidan del rebaño bajo estas condiciones las familias tienen de 2 a 12 integrantes (0 a 10 hijos) con una media de 6.58 ± 2.80 integrantes. Rebollar *et al.* (2012) incluye además, que los caprinocultores viven en casas de adobe con techo de teja y piso de tierra apelmazado o cemento. Las casas tienen generalmente 2 habitaciones, corredor y cocina.

Cuadro 45
Existencias de ganado caprino según tipo
de tecnología en los sistemas de producción caprina
en el sur del estado de México

Municipio	Vacunación	Desparasita- ción	Alimento balanceado
Tejupilco	3 093	2 260	356
Amatepec	1 915	1879	885
Tlatlaya	3 393	3 479	1 200
Luvianos	1 003	1 254	154
Zacualpan	1 913	550	339
Sultepec	3 826	3 874	713
Total municipios	15 143	13 296	3 647

Nota. Las correspondientes existencias totales de ganado caprino, se consignan en el cuadro 44

Adaptado de: Censos Agropecuarios, 2007

Alojamiento

El 67.3% de las cabras viven en el mismo terreno donde se encuentra la vivienda (Censos agropecuarios, 2007) en corrales de 6x6 m en promedio construidos de postes de madera y malla ciclónica, en la parte central del corral se tiene el "Techo" de lamina de cartón y madera de dimensión 3x4 m. Estos pequeños corrales de alojamiento tienen la misma dimensión indistintamente de la cantidad de cabras en la unidad de producción. Los corrales pueden estar ubicados aprovechando una pared de la misma construcción de la casa del productor.

Figura 17 a y b
corrales de alojamiento de las cabras



Alimento

La principal alimentación es forraje colectado por el animal en potreros o agostaderos, sin embargo algunos productores dan un suplemento en corral a la llegada de los animales del pastoreo. El suplemento se constituye de maíz (100%), molido o mazorca molida, se alimenta generalmente 200 a 300 g por cabeza, no se da alimento balanceado. El 47% de los productores dan sal a los animales 2 a 3 veces al año, sin embargo no se dan minerales.

Comederos

El corral de alojamiento, en un 90% no cuenta con comedero para forrajes, se improvisa una llanta cortada a la mitad para depositar el suplemento y no se detecta que pongan contenedores para agua.

Desparasitación

La caprinocultura del Sur del Estado se encuentra bajo condiciones precarias al considerar que el 24% del total de cabras, son desparasitadas (véase cuadro 45), resultados contrastantes muestra la encuesta, ya que para el 93% de los caprinocultores, es una práctica común; además se aplican 3 desparasitaciones al año en un 48%, en algunas comunidades existen productores que desparasitan incluso 4 veces al año. La alta frecuencia de aplicación de antiparasitarios por algunos productores de la región hace evidente problema relacionado con la resistencia de los parásitos a los ingredientes activos.

Problemas relacionados con la carga parasitaria de huevecillos en praderas, es decir no se hace alguna práctica de control en pastoreo. Bajo estas condiciones los animales desparasitados en corral, se parasitan en la pradera.

Asistencia técnica

El 20% de productores recibe asistencia técnica. A pesar de la existencia de apoyos para estos productores como, asistencia técnica de SEDAGRO e ICAMEX, sin embargo y pese a las múltiples pláticas y apoyos de gobierno el productor sigue manteniendo bajo las mismas condiciones sus sistemas precarios (véase figura 18).

Cuadro 46
Estadísticos descriptivos de las variables cuantitativas
de los sistemas de producción caprina del sur
del Estado de México

Variabes	Media	Desv. Estand	Mínimo	Máximo
Edad del propietario de la UP	53.62	10.44	25	68
Integrantes de la familia	6.58	2.80	2	12
Número de cabras en UP	15.30	10.82	4	54
Horas de pastoreo	6.08	2.27	0	11
Superficie destinada a pastoreo	3.14	4.03	0	24

UP. Unidad productiva; Desv Estand. Desviación estándar.

Figura 18

Asistencia técnica

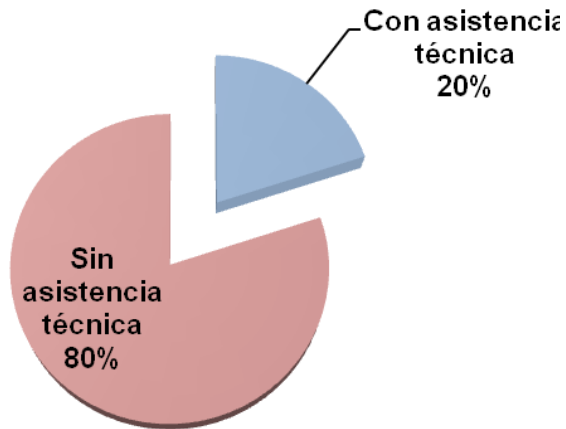
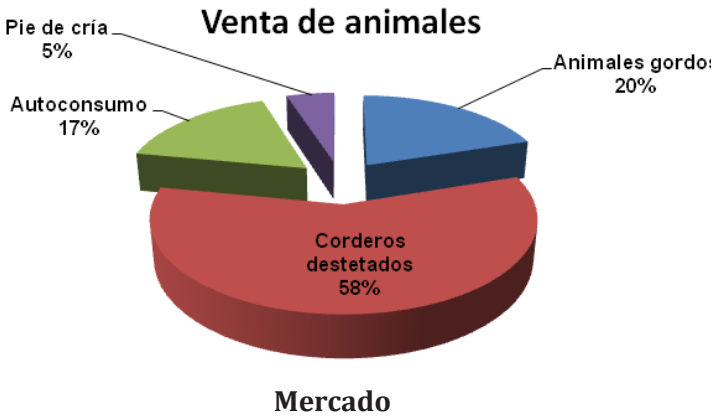


Figura 19



La comercialización se realiza con cabritos destetados en un 58%, seguido de animales gordos en un 20%, el 17% es de autoconsumo y un 5% de pie de cría. Rebollar *et al.* (2007) menciona que la venta es en pie y se venden también hembras gordas o de desecho pero a precios menores. Con los niveles producidos no se tiene dificultad para realizar la venta a precios atractivos para el ganado de buena calidad (véase figura 19). El productor generalmente vende al birriero o acopiador (Rebollar *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Las cabras son pequeños rumiantes rústicos con gran resistencia para caminar grandes distancias, ágiles, ligeros y vivarachos, condiciones adecuadas para prosperar en regiones naturales desfavorables para la producción pecuaria, en climas extremos, con topografía difícil, buscan alimentos nuevos y debido a la habilidad para mover sus labios son capaces de consumir retoños de las hierbas, arbustos y una amplia variedad de vegetales. La cabra como especie de interés zootécnico, ha resultado ser una buena opción de producción animal para productores rurales del Sur del Estado de México. Estos sistemas de producción caprina mantienen especies criollas cruzados con razas Nubia y recientemente Boer, se encuentran relegados a productores marginados con escasa o nula escolaridad, edad avanzada que limita o mantiene sin cambios los sistemas de producción, alto número de integrantes de la familia y pequeños hatos que limitan la capacidad del in-

greso económico, por lo que estos sistemas son denominados actualmente como ganadería del “sector social” o sistemas tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- CANTÚ B.J.E. 2008. *Zootecnia de ganado caprino*. Editorial Trillas. México. D.F. 304 p.
- CARDOSO S.A. 1998a. *Amatepec. Monografías municipales del Estado de México*, series. Instituto Mexiquense de Cultura, Toluca Estado de México.
- CARDOSO S.A. 1998b. *Tejupilco. Monografías municipales del Estado de México*, series. Instituto Mexiquense de Cultura, Toluca Estado de México.
- CENSOS AGROPECUARIOS. 2007. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. <http://www.inegi.org.mx/inegi>
- DE LUCAS T.J. 2012. *Sistemas de Producción Ovina en México*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. 21 p.
- DE LUCAS T.J. y Arbiza A.S. 2010. *Contribución de los ovinos y los caprinos a la ganadería Mexicana y sus perspectivas. En: Memorias del Simposio «La contribución de los ovinos y caprinos en la producción de alimentos»*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 17 p.
- DEVENDRA C. 1980. “Potencial of sheep and goats in less Developed Countries”. *J. Anim. Sci.* 51: 461- 473.
- DEVENDRA C. 2010. “Concluding synthesis and the future for sustainable goat production”. *Small Ruminant Research*. 89:125-130.
- DIF. 2011. *Programa Trianual de Asistencia social 2009-2012*. Sistema Municipal de desarrollo Integral de la familia. Honorable Ayuntamiento de Tejupilco. Tejupilco Estado de México. pp: 17- 29.
- DORANTES C.E.J., Torres H.G., Mejía H.P. y Jaramillo B.M.P. 2009. *Pesos corporales y características morfozoométricas en cabras locales en el municipio de Tejupilco*, Estado de México. XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Saltillo, Coahuila. 90 p.
- GÓMEZ de Silva G.H. 1997. “Análisis avifaunístico de Temascaltepec, Estado de México”. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool.* 68(1): 137-152.

- ICAMEX. 2012. *Investigación y capacitación agropecuaria acuícola y forestal*. Secretaría de desarrollo agropecuario. <http://portal2.edomex.gob/icomex> fecha de consulta julio 28 de 2012.
- MELLADO M. 1997. "La cabra criolla en América Latina". *Veterinaria México*. 28(4):333-342.
- REBOLLAR, R.S; Hernández, M.J. García, S.A; García, M.R; Torres, H.G; J.L. Bórquez, G.J.L; Mejía, H.P. 2007. "Canales y márgenes de comercialización de caprinos en Tejupilco y Amatepec, Estado de México". *Agrociencia*. 41: 363-370.
- REBOLLAR S; Rojo R. 2010. *El Estado del arte de la caprinocultura en el Sur del Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México. 180 p.
- REBOLLAR R.S., Hernández M. J., Rojo R.R. y Guzmán S.E. 2012. "Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México". *Agronomía Mesoamericana* 23(1):159-165.
- SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, Ganadería, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). 2009. *Población Ganadera en el DDR 076*. Delegación Sur del Estado de México.
- SEDAGRO. 2012. *Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Gobierno del Estado de México*, difusión de resultados <http://www.edomex.gob.mx/sedagro/beneficiarios> Fecha de consulta 29 de julio del 2012.
- SIAP-SAGARPA. 2010a. *Resumen Nacional. Población Ganadera, Avícola y Apícola*.
- SIAP-SAGARPA. 2010b. *Población Ganadera. Caprinos*.
- OLIVARES P.J., Avilés N. F., Albarrán P. B., Rojas H.S., Castelán O. O. A. 2011. "Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del Sur del Estado de México". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2):739-748.

METODOLOGÍAS INTEGRALES PARA EL ANÁLISIS DE SISTEMAS AGROPECUARIOS

ANASTACIO GARCÍA-MARTÍNEZ^{a*}, ANA MARÍA OLAIZOLA-TOLOSANA^b
y ALBERTO BERNÚES-JAL^c

INTRODUCCIÓN

Este capítulo se fundamenta en el análisis de los aspectos teóricos y conceptuales utilizados en el estudio del funcionamiento de las explotaciones ganaderas y sus relaciones con el medio físico y socio-económico desde una perspectiva sistémica (Bertalanffy, 1973), bajo la cual, la Unidad de Producción (UP) es considerada como un sistema complejo. El enfoque sistémico ha sido ampliamente utilizado para el estudio de explotaciones ganaderas desde antiguo (ver por ejemplo Dillon (1976) o Dent y Blackie (1979)) y en los últimos años se ha enfocado en la búsqueda de sistemas sostenibles capaces de mantener los recursos naturales y la biodiversidad en zonas sensibles (Brossier *et al.*, 1990).

Las zonas de montaña, tienen una importante base territorial y se caracterizan por su gran diversidad ecológica, paisajística y social, especialmente valoradas por su contribución a la conservación de la biodiversidad (UNCSD, 1997). En este sentido, constituyen puntos de encuentro entre las políticas de desarrollo rural, la gestión de los recursos naturales y la actividad de sus poblaciones que se debaten entre el desarrollo económico, la mejora de la calidad de vida y la conservación de aquellos ecosistemas

^aCentro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México, México, ^bUniversidad de Zaragoza, España y ^cCentro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Gobierno de Aragón, España.*Autor para correspondencia

que confieren al territorio su originalidad y posibilidad de futuro (Ortuño y Zamora, 2001).

La ganadería sigue constituyendo una actividad importante en las zonas de montaña alrededor del mundo, a pesar del acelerado crecimiento de otras actividades económicas como el turismo y de una población rural cada vez más escasa (Gibon *et al.*, 2004; García-Martínez, 2008; García-Martínez *et al.*, 2012). Hoy por hoy, el carácter multifuncional de esta actividad es ampliamente reconocido, ya que además de sus funciones productivas y económicas, se les confiere un carácter relacionado con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales (Bernués *et al.*, 2005a) y con múltiples funciones sociales, dada su contribución positiva a la cohesión económica y social, fundamentalmente a través del mantenimiento del empleo rural (Laurent *et al.*, 2003).

Sin embargo, también se ha descrito reiteradamente la vulnerabilidad de muchas explotaciones agropecuarias en éstas y otras zonas desfavorecidas debido a la marginación y al abandono (Baldock *et al.*, 1996). Este abandono de la tierra y las actividades económicas tradicionales está sucediendo de forma continua en las zonas de montaña en todo el mundo, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX. Esto conlleva un impacto ambiental y socio-económico muy diverso, pero en la mayoría de los casos hay una clara evidencia de efectos ambientales y sociales negativos (MacDonald *et al.*, 2000). Los cambios en la gestión del espacio en los últimos años han sido identificados como elementos perjudiciales para la biodiversidad, lo que conduce a enfocar la conservación bajo una doble perspectiva de gestión del paisaje y de desarrollo sostenible de la agricultura (Olsson *et al.*, 2000).

Aunque las Política Agropecuarias ha dirigido especial atención a los sistemas ganaderos en zonas de montaña, proporcionándoles importantes apoyos económicos (Massot, 2003; SAGARPA, 2012), existen numerosos factores que amenazan la estabilidad y sostenibilidad de muchas explotaciones (Pflimlin y Journet, 1983; Bernués *et al.*, 2005a;), entre los que destaca la falta de continuidad de muchas de éstas, debido, entre otros factores, al elevado costo de oportunidad de la mano de obra (García-Martínez, 2008).

Por otra parte, la sostenibilidad de estos sistemas ganaderos está condicionada a su capacidad de adaptación a los cambios sociales y económicos experimentados por su entorno. Los modelos de producción deben ajustarse a las nuevas oportunidades, restricciones y prioridades que la dinámica de dicho entorno establece: la sostenibilidad del medio natural, seguridad alimentaria, innovaciones tecnológicas y organizativas y cambios profundos en los mercados, etc. La necesidad de adaptación de estos

sistemas a los nuevos condicionantes socio-económicos y políticos ha propiciado diversos procesos de cambio y un aumento de la diversidad de las explotaciones, que han modificado sus orientaciones productivas, estructuras, estrategias de manejo de los animales y las técnicas de gestión y uso de la tierra, tradicionalmente homogéneas (Manrique *et al.*, 1999).

Sin embargo, existen todavía numerosos interrogantes sobre el futuro de dichos sistemas, tanto en aspectos ambientales (evolución de la vegetación y el paisaje según la intensidad y tipo de aprovechamiento), como económicos y sociales. Entre éstos últimos, podemos mencionar : las posibilidades de incrementar la competitividad de la actividad ganadera mediante la diferenciación de productos de calidad; la necesidad de garantizar la salubridad de los productos y el bienestar animal y del medio ambiente durante el proceso de cría; o la necesidad de reducir los costos de producción, fundamentalmente de alimentación y mano de obra.

Por otra parte, en los últimos años otros sectores económicos como el turismo han presentado un importante crecimiento, sin embargo esto no siempre ha ocurrido de manera sinérgica con la agricultura o la ganadería. En cualquier caso, la actividad agropecuaria continúa siendo una actividad insustituible, económica y ecológicamente, en zonas de montaña y áreas rurales en general (Gibon *et al.*, 2004).

EL ENFOQUE DE SISTEMAS EN LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

Teoría Sistémica y Agricultura

Los distintos aspectos que integran la producción animal, considerados como partes integrantes de un sistema, constituyen la base de análisis que pretende un acercamiento a la realidad de los sistemas ganaderos bajo el enfoque de la Teoría General de Sistemas (Osty, 1978; Sarabia, 1995; Serrano *et al.*, 2002). Este enfoque se plantea como una práctica de trabajo multidisciplinar en la que convergen distintas áreas del conocimiento (Osty, 1987; Serrano y Ruiz, 2003) que pretenden representar los objetos complejos como un sistema que tiene una finalidad determinada (Olaizola y Gibon, 1997). Se basa en la búsqueda del conocimiento de las partes de un sistema y en la comprensión del funcionamiento del conjunto como un todo (Rountree, 1977; Dillon, 1992), pues considera que no es posible estudiarlos cuando se aíslan sus componentes. Por ello, pone en primer pla-

no el análisis de las interacciones entre los componentes y entre éstos con el entorno (Conway, 1990) para determinar su dinámica, productividad, sostenibilidad y estabilidad (Conway, 1994).

Un sistema de producción está constituido por el conjunto de actividades o técnicas que organizadas de una manera concreta conducen a la obtención de un producto combinando diversos factores de producción. Así, un sistema agropecuario, desde el punto de vista puramente económico, es considerado como la combinación de los productos obtenidos y los factores de producción (tierra, trabajo y capital). Si bien estos conceptos aportan la idea de globalidad, interrelaciones y finalidad propias de los sistemas (Ruiz y Oregui, 2001), se quedan cortos a la hora de explicar el funcionamiento de determinados sistemas ganaderos. Así, en los sistemas ganaderos extensivos, el sistema de producción está íntimamente relacionado con la actividad de la familia que lo gestiona, por lo que para entender su funcionamiento es necesario considerar los objetivos y finalidades del ganadero y su familia, así como la percepción que éste tiene sobre la situación de su UP (Olaizola y Gibon, 1997; Ruiz y Oregui, 2001).

La mayoría de las UP ganaderas en todo el mundo se caracterizan por una marcada intervención de la familia, que es la que gestiona y trabaja (Olaizola y Gibon, 1997; García-Martínez, 2008), y por aspectos sociales o culturales, que si bien no se relacionan directamente con el proceso productivo propiamente dicho, lo condicionan y resultan determinantes para su funcionamiento (Ruiz y Oregui, 2001).

El conjunto de medios de producción es resultado de una serie de decisiones establecidas por personas con objetivos y finalidades específicas en cuya formulación se consideran factores físicos, sociales, políticos y económicos que los condiciona (Osty, 1987; Conway, 1994). En este sentido, la toma de decisiones sobre los factores que afectan al sistema de producción forman parte de la "dinámica de los sistemas", pues permite identificar y reorientar los puntos críticos de gestión (Castelan-Ortega *et al.*, 2003a) sin alterar su estructura o la esencia de su funcionamiento (Brossier *et al.*, 1984).

Dillon (1992) indicó que los elementos de un sistema en constante interacción contribuyen a un fin determinado; Ruiz y Oregui (2001) destacaron que la organización de estos elementos y su carácter dinámico constituyen una unidad de acción con límites definidos e identificables en constante interacción con el exterior (sistemas abiertos); mientras que Capillon (1985) resaltó que el fin común de los diferentes elementos implica que operen unidos y reaccionen como un todo frente a determinados estímulos.

Tradicionalmente los sistemas ganaderos (intensivos y extensivos) se han basado en la búsqueda del equilibrio entre el entorno físico y económico, los recursos que éste ofrece, las necesidades de los animales, los efectos de estos factores sobre el medio que los rodea y los objetivos de la propia familia (Olaizola y Gibon, 1997; Bernués *et al.*, 2002). Bajo este enfoque, mientras los sistemas intensivos buscan maximizar la productividad de un recurso, normalmente limitante (Manrique *et al.*, 1992a), los extensivos tratan de que un recurso, generalmente abundante, se combine proporcionalmente con el resto (Serrano y Ruiz, 2003).

El enfoque sistémico presenta importantes ventajas a la hora de abordar el estudio de la realidad agropecuaria ya que facilita el análisis de situaciones complejas, por ejemplo las relaciones entre los sub-sistemas de una UP (Manrique *et al.*, 1999). Ruiz y Oregui (2001) indican que un sistema es más que la suma de sus componentes y no basta con estudiarlos individualmente y posteriormente agregarlos, sino que se requiere un enfoque multidisciplinario e integrador. Bajo este enfoque, el estudio del binomio familia-explotación debe considerar sus tres componentes básicos: el sistema de producción (subsistema biológico, financiero y trabajo), el sistema de decisión y el sistema de información (situado entre los dos anteriores) que traduce e incorpora la información interna y externa al sistema (Olaizola, 1991; Serrano y Ruiz, 2003).

Elementos del sistema familia – explotación

Como hemos visto, el concepto de “sistema familia-explotación” postula la coherencia del sistema de producción y su funcionamiento de acuerdo a los objetivos del productor y su familia (Ruiz y Oregui, 2001). Así, el estudio global de la explotación considera un conjunto de decisiones y acciones realizadas por personas (individuos o grupos) que reaccionan a determinados estímulos para lograr los objetivos establecidos (Olaizola y Gibon, 1997).

Las herramientas de gestión y las decisiones adoptadas por el productor no se determinan exclusivamente por criterios económicos a corto plazo, sino que constituyen una apuesta a largo plazo y en muchos casos abarca los proyectos de un grupo familiar durante más de una generación (Osty, 1978; Ruiz y Oregui, 2001).

Como hemos visto en el apartado anterior, el sistema familia-explotación está constituido por diversos componentes o sub-sistemas, lo cuales a su vez están constituidos por otros, en una estructura jerárquica. A continuación se describen someramente los más importantes.

El sistema de operación o producción

Tiene como función la puesta en marcha del conjunto de medios y operaciones necesarios para el proceso productivo, tales como la gestión y el flujo de insumos, el trabajo, los equipos, el dinero y la información que la explotación requiere o saca del sistema (Olaizola y Gibon, 1997). Es la interacción entre técnicas y prácticas o actividades elementales que ejecuta el agricultor y la forma en que las realiza (Ruiz y Oregui, 2001). Puede a su vez dividirse en tres subsistemas que se corresponden con los tres factores de producción tradicionales.

a) Subsistema biológico

Esta integrado por el conjunto de organismos vivos que conforman el sistema de transformación dentro de la explotación agropecuaria y constituyen la parte productiva propiamente dicha. Fundamentalmente esta integrado por el ganado y los recursos forrajeros (Sarabia, 1995). Su análisis se complica por que incluye el capital vivo en el proceso productivo y la complejidad aumenta a medida que lo hace el número de especies animales y la orientación productiva de éstos (Gibon, 1981). El subsistema forrajero es el conjunto de recursos, medios y técnicas que garantizan el equilibrio entre los recursos de alimentación existentes en un periodo de tiempo y las necesidades del ganado con base al fin productivo que se persigue (Attonaty, 1980).

b) Subsistema financiero

Está estructurado por los ingresos y los costos de una actividad de producción. Durante el proceso productivo se originan una serie de ingresos, resultado de la venta de productos, subsidios y otros ingresos (pensiones, retribuciones de otras actividades, etc.). Los costos (fijos y variables) son el resultado de la puesta en marcha de las actividades de producción para la elaboración u obtención de un determinado producto. Tanto los costos como los ingresos varían en función de diferentes escalas de tiempo (periodo de producción) y por efecto de factores coyunturales y estructurales (Conway, 1994). Lograr el equilibrio de este subsistema es complejo ya que tiene normas propias de funcionamiento.

c) Subsistema técnico o de trabajo

La puesta en marcha del proceso de producción supone demanda de trabajo y, juntos constituyen uno de los elementos básicos del sistema (Sánchez *et al.*, 1997). Este subsistema tiende a evolucionar de forma cíclica a lo largo de una campaña productiva, de tal manera que las diferencias observadas entre diversos periodos pueden ser considerables y fundamentales para su análisis (Serrano y Ruiz, 2003). Sin embargo, la disponibilidad de mano de obra en las explotaciones suele ser específica y constante, al menos durante un ciclo productivo (Serrano *et al.*, 2002; Casero, 2003).

El sistema de decisión

Su principal función es generar las decisiones que van a orientar y asegurar la dirección del sistema de operaciones de acuerdo a una serie de objetivos a corto, mediano o largo plazo (Olaizola y Gibon, 1997). Las decisiones de los agricultores en la explotación se representan mediante un modelo general que presupone uno o varios objetivos del ganadero y su familia, los cuales convergen para tomar las decisiones en el tiempo y el espacio (Gibon *et al.*, 1999a).

De acuerdo con Olaizola y Gibón (1997), el sistema de decisión puede dividirse a su vez en dos subsistemas:

- a) El subsistema de finalidades que es el conjunto de orientaciones, aspiraciones y deseos, formulados por el ganadero y otros miembros de la familia para el funcionamiento de la explotación.
- b) El subsistema de dirección, considerado como el nivel de decisiones estratégicas basadas en una serie de objetivos planteados a priori.

El sistema de información

Constituye la conexión entre el sistema de producción y el sistema de decisión, permitiendo una relación coherente, flexible y rápida, así como un proceso de retroalimentación en ambos sentidos (Dent *et al.*, 1986). En este sistema se establece la relación con el medio ambiente, ya que permite tanto la adquisición como el aporte de conocimientos, información y datos acerca del entorno (Dillon, 1992). Además, a este nivel se traducen y conceptualizan específicamente los fenómenos observados, en los que la formación y experiencia del agricultor son fundamentales (Hallberg, 1993; Serrano *et al.*, 2002).

Interrelaciones entre subsistemas

En conjunto, los tres subsistemas antes mencionados constituyen el sistema familia-explotación. El cambio en alguno de los elementos que constituyen los diferentes subsistemas tiene repercusión sobre el resto. Si en el transcurso de la actividad uno de los subsistemas ve comprometida su naturaleza o posibilidades de continuidad, podrían originarse problemas en el proceso global de ajuste y comprometer la sostenibilidad del sistema en general (Sánchez *et al.*, 1997; Thomson y Nardone, 1999). Por lo tanto la función del productor es mantener el equilibrio entre los distintos subsistemas de la explotación para garantizar su continuidad y sostenibilidad (Rodríguez *et al.*, 1998).

La aplicación de un enfoque sistémico subraya la necesidad de un trabajo multidisciplinar coordinado, en el que se trata de clarificar el papel de cada componente que interviene tratando de no perder una perspectiva global de la UP (Manrique *et al.*, 1999).

La diversidad de UP de ganado bovino

La reproducción económica de las zonas rurales en ha respondido, por lo general, a modelos complejos, debido a la combinación de diferentes recursos económicos en el seno de la pluriactividad de las familias rurales, unida a una gestión multifuncional del medio natural (Massot, 2000; Collantes, 2004). La situación actual de las UP tanto en aspectos físicos, estructurales, económicos y sociales, conduce a una notable variabilidad de los sistemas de producción practicados (Gibon *et al.*, 1999a). Además, las formas de utilización del espacio y los recursos, la orientación de la producción y el manejo técnico de la UP son en última instancia dependientes del entorno socio-económico en que se desarrollan (Manrique *et al.*, 1992a; García-Martínez *et al.*, 2012), el cual ha sufrido notables cambios en las últimas décadas.

La diversificación de las UP, en un mismo entorno físico y condiciones similares, es una consecuencia de las distintas formas que tienen los agricultores y ganaderos de reaccionar frente a las políticas y a los planes de desarrollo (Massot, 2000). Sin embargo, no es adecuado afirmar en el seno de esa variabilidad que el plan que supone una determinada UP sea superior a otra en términos absolutos, puesto que esto sólo se puede evaluar en términos de objetivos y limitaciones específicas para cada caso (Dent *et al.*, 1986).

No obstante, tal como ponen de manifiesto Enevoldsen *et al.* (1996), la evaluación y comparación de UP resulta difícil por la escasez de datos disponibles. Ahora bien, el estudio de los diversos sistemas de producción y de su evolución reciente son requisitos indispensables para evaluar respuestas adaptativas y establecer la conveniencia de determinadas estrategias en escenarios socio-económicos diferentes (Benoit, 1994).

Deffontaines y Petit (1985) propusieron un esquema de aproximación metodológica para el estudio de la diversidad de UP agrícolas de una región conocido como de «doble embudo». Consiste en un acercamiento general al estudio de éstas desde un primer análisis del entorno en que se ubican, para posteriormente pasar al estudio detallado de la UP y su entorno cercano. Una vez tipificadas, se produce de nuevo un alejamiento para estudiar mediante extrapolación la colectividad, es decir, la diversidad de UP existentes en el mismo entorno.

En esta secuencia metodológica pueden aplicarse diversas herramientas para la recogida de información, análisis e interpretación de los resultados, como se describe a continuación.

La *encuesta a UP*, es una metodología ampliamente utilizada en el estudio de sistemas agropecuarios. Se trata de un método que permite recoger información referente a las características de un gran número de UP en cuanto a situación, disponibilidad de recursos, limitaciones y prácticas (Theau y Gibon, 1993). La principal ventaja de este método consiste en la recolección de información objetivamente mensurable en una muestra representativa de la población objeto de análisis. Los resultados son por tanto extrapolables desde el punto de vista estadístico.

La encuesta puede definirse como una búsqueda metódica de información por medio de preguntas y testimonios (Olaizola y Gibon, 1997). No obstante conviene indicar que la entrevista, aunque válida, no es una fuente precisa de conocimiento pues no aporta siempre la misma calidad de información (Gibon, 1981). Ésta viene seguramente sesgada por la subjetividad, predisposición y capacidad tanto del encuestador como del encuestado. Por ello, la información recopilada debe ser interpretada, criticada y contrastada, siempre que sea posible, con otro tipo de fuentes (Deffontaines y Petit, 1985).

Otra metodología directa de recogida de información de las UP son los *seguimientos técnico-económicos*. La gran ventaja de éstos es su carácter dinámico (Gibon, 1981), ya que normalmente se repiten en intervalos de tiempo regulares y por tanto permiten recoger los flujos de factores de producción que se suceden en el tiempo. Además, permiten la recolección de información más precisa y detallada, sin embargo la muestra de UP suele

ser pequeña y la extrapolación de resultados debe hacerse con cuidado (Yin, 1994). Otros métodos indirectos de recogida de información son el *análisis de bases de datos* existentes y la *discusión con expertos*.

Para asegurar la fiabilidad de las encuestas o cualquier fuente de información utilizada, y por tanto de la información obtenida, es preciso tener especial cuidado en la codificación y procesado de los datos obtenidos y la comprobación de la ausencia de errores (Sulpice *et al.*, 1994).

En cuanto al análisis de la información, la elección del método estadístico dependerá de la naturaleza de los datos y los objetivos específicos del estudio. Cabe mencionar de manera específica a los métodos estadísticos multivariantes puesto que se adaptan a situaciones donde el número de variables es muy elevado, de diversa naturaleza y con múltiples interrelaciones entre sí (Olaizola, 1991).

El establecimiento de tipologías constituye una metodología para el estudio y diagnóstico de las UP. Dada la diversidad de UP, y con el objeto de ofrecer una visión lo suficientemente simplificada de la realidad mediante la reducción de la multitud de casos individuales, pero tratando al mismo tiempo de mantener la idea original de heterogeneidad, es conveniente proceder a la agrupación en tipos homogéneos de funcionamiento (Ruiz y Oregui, 2001).

El establecimiento de tipologías facilita la extrapolación de las entidades individuales al conjunto de un determinado sector productivo o área geográfica, así como el estudio y la puesta en práctica de acciones de formación, desarrollo y organización (Deffontaines y Petit, 1985). Siempre que sea posible, se tratará de que esa tipificación se realice de una manera sencilla y a partir de criterios simples (Capillon *et al.*, 1988), es decir, atendiendo a los objetivos de producción (naturaleza e intensidad de las especulaciones adoptadas) y a sus determinantes (limitaciones humanas, físicas o económicas) más relevantes (Theau y Gibon, 1993).

Asimismo, conviene evaluar la trayectoria histórica de los diferentes tipos de funcionamiento, registrando las etapas y los mecanismos de evolución experimentados por las UP de la región (Van der Ploeg, 1996) cuando esto sea posible. De este modo, no sólo se ponen en evidencia dichas trayectorias, sino también la lógica que ha presidido la evolución de las UP hasta ese momento.

La definición de tipologías, además, constituye un aspecto crucial a realizar previamente al desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones, la extensión de nuevas tecnologías (Solano *et al.*, 2000) o el establecimiento de políticas agropecuarias y de desarrollo (Bernués y Herrero, 2007).

Entre las técnicas estadísticas que más se utilizan para establecer tipologías de UP se encuentran los métodos multivariantes: Análisis Factorial en sus diversas variantes y los métodos de clasificación jerárquica o Cluster.

Importancia de las encuestas, como herramienta para la recopilación de información en sistemas agropecuarios

La *encuesta* es un método de recopilación de información de uso práctico para los investigadores que requieren representar la realidad social, económica y estructural de una muestra representativa de una población (William, 1993). Es una metodología aplicada en diversos campos de la investigación y ampliamente utilizada para el estudio de UP y sistemas agropecuarios (Rodríguez *et al.*, 1998). Se trata de un método que permite recoger información sobre las características de un gran número de UP, su situación, disponibilidad de recursos, limitaciones y decisiones tomadas por los ganaderos sobre las prácticas de manejo general del sistema, entre otros (Ruiz y Oregui, 2001). Es decir, es una forma de obtener información directa de las personas encargadas del manejo de las UP consideradas en estudios específicos, respondiendo a una serie de preguntas formuladas a priori (Chiglione y Matalón, 1989).

Las principales ventajas de las encuestas, de acuerdo con Bartunek *et al.* (1993), Gutiérrez (1995) y González y Padilla (1999), hacen referencia a la capacidad de recolección de una información que es objetivamente mensurable en una muestra representativa de la población objeto de análisis. Además, el conocimiento sobre la realidad es primario, no mediado y por lo tanto menos engañoso y la información obtenida de los individuos directamente involucrados permite conocer su situación, sus opiniones o sus decisiones. El análisis de la información es fácilmente cuantificable, preciso y los resultados son extrapolables desde el punto de vista estadístico. Además, es un método económico y rápido si se cuenta con un equipo de entrevistadores y codificadores entrenados; con ello se garantiza la obtención de una gran cantidad de datos en poco tiempo, si bien en el trabajo desarrollado no se utilizaron encuestadores. Por todo lo anterior, las encuestas constituyen un método de elección en estudios de naturaleza descriptiva.

Sin embargo, como toda metodología, las encuestas también tienen deficiencias (William, 1993; Rueda *et al.*, 1999). Recogen solamente la visión que la gente tiene de sí misma, que bien puede ser singular y subjetiva o deliberadamente falsa e imprecisa sobre algunos temas: “*no es lo mismo*

lo que las personas hacen, sienten o creen, que lo que ellas mismas dicen que hacen, creen o sienten". Para evitar estos sesgos se pueden omitir algunas preguntas que a priori se sabe que no serán contestadas con seguridad, o se buscan formas indirectas para contrastar respuestas. El investigador tendrá que considerar estas limitaciones durante el análisis de los datos, pues además la encuesta relata los hechos sociales desde el punto de vista particular de sus actores, por lo que resulta poco fiable para reconocer las relaciones sociales interpersonales o institucionales que los actores establecen. Otro inconveniente es que las encuestas presentan un esquema o diseño estático y muestran una imagen fija de un problema en estudio, pero no indican tendencias de variación o posibles cambios estructurales, lo que reduce notablemente su eficacia predictiva. Además, el tratamiento estadístico de la información supone agrupar a todas las respuestas dándoles el mismo peso o importancia, esto es aceptable y útil en ciertos casos, pero puede constituir un problema en otros. No obstante, algunos de estos inconvenientes pueden ser soslayados, así para amortiguar el grado de subjetividad, la información debe ser interpretada, criticada y contrastada, siempre que sea posible (Ruiz y Oregui, 2001). Así mismo, para el estudio de los objetivos de los ganaderos no es suficiente con preguntarles, es conveniente recopilar información sobre la historia de la UP, su situación actual y sus proyectos de futuro, reveladores de la forma en que los ganaderos perciben su situación y su futuro (Deffontaines y Petit, 1985).

Las encuestas son estructuradas con el objeto de obtener información sobre las características generales de las UP; el uso y aprovechamiento de la tierra; la estructura familiar y mano de obra (factor trabajo); el hato (estructura y tipo racial); el manejo reproductivo, sanitario y del ternero; la alimentación y el manejo del pastoreo; las instalaciones, maquinaria y equipos; comercialización de productos (tipo, cantidad de producto y vías de comercialización) y finalmente los ingresos, los subsidios y los costos. También pueden recopilar información sobre los cambios e innovaciones tecnológicas recientes las UP, las intenciones de los ganaderos para los próximos años, la toma de decisiones en la UP y, finalmente, los objetivos y opiniones de los ganaderos.

La información antes mencionada, se complementa con la evaluación de objetivos y opiniones mediante una *Escala de Likert* que recoge el grado de acuerdo o desacuerdo de los encuestados frente a diversos supuestos. Es una escala aditiva que corresponde a un nivel de medición ordinal, consistente en una serie de ítems o juicios ante los cuales se solicita la reacción del sujeto y en la cual, el estímulo (*ítem* o sentencia) que se le presenta al sujeto, representa la propiedad que se mide (Padua, 1999). La nomenclatu-

ra de esta escala sobre los objetivos y opiniones de los encuestados, puede considerarse una escala entre uno y cinco: 1 = nada importante, 2 = poco importante, 3 = importante, 4 = bastante importante y 5 = muy importante.

METODOLOGÍAS PARA ABORDAR Y ANALIZAR UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Tipología de UP de ganado bovino

Para el establecimiento de la tipología de UP se utilizaron técnicas estadísticas multivariantes, en particular Análisis Factorial por el método de Componentes Principales (ACP) y Análisis Cluster o de Conglomerados (AC). Utilizaron los paquetes estadísticos SPSS y STATISTICA, aunque se pueden utilizar otros como SAS, START GRAPHICS, entre otros.

El objetivo genérico de los métodos factoriales es reducir la información proporcionada por un gran número de variables, eliminar las redundantes y obtener otras nuevas variables sintéticas, para que de esta manera se facilite el análisis e interpretación de la heterogeneidad de la matriz original de datos. Por otra parte, el AC permite la clasificación automática de las observaciones de la muestra en grupos homogéneos en función de una serie de variables, en este caso obtenidas en el ACP.

A partir de la información procedente de la aplicación de encuestas a UP referida a la estructura de las UP, grado de intensificación y manejo técnico de los hatos. Es importante destacar, que las variables que se desee incluir en un modelo basado en esta metodología, tienen que ser representativas y asegurar los criterios de normalidad y no multicolinealidad, para evitar sesgos en los resultados (García-Martínez, 2008).

Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es un método utilizado para la simplificación o reducción de la dimensión de individuos, casos o variables cuantitativas para obtener nuevas variables, denominadas componentes o factores principales, que explican la mayor parte de la varianza de la matriz de datos original, y cuyo objetivo es facilitar la interpretación de los resultados obtenidos (Serrano, 2002). El método realiza una combinación lineal de todas las variables y las reduce en función de la intercorrelación

que presenten entre ellas para crear un menor número de factores no correlacionados (Hair *et al.*, 2006). Es decir, el proceso obtiene un número reducido de k factores capaces de explicar el mayor porcentaje posible de la varianza total. Dentro de los métodos factoriales, existen diferentes métodos de extracción de factores, en función del enfoque que se adopte (Carrasco y Hernán, 1993). El análisis puede ser *exploratorio*, cuando no se conoce a priori el número de factores y se pretende demostrar la existencia de factores comunes sospechados, o *confirmatorio*, cuando los factores son establecidos a priori; en éste último se utilizan contrastes de hipótesis para su corroboración. El ACP es un método exploratorio de factores comunes.

El ACP tiene sentido si se cumplen las condiciones de *parsimonia* e *interpretabilidad*. Una forma para comprobar la primera condición es mediante la medida de adecuación de la muestra de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) o la Medida de Suficiencia de Muestreo (MSA), que pueden tomar valores entre cero y uno. Hair *et al.* (2006) indican valores del MSA < 0.5 = inaceptable; 0.5 o superior = despreciable; 0.6 o superior = mediocre; 0.7 o superior = regular y 0.8 o superior = sobresaliente. Por su parte Pérez (2005) indica los siguientes valores de KMO para validar el análisis: < 0.5 = inaceptable; > 0.5 y ≤ 0.75 = aceptable y > 0.75 = buena. La varianza total explicada por cada componente o factor indica la importancia que tienen para interpretar satisfactoriamente los resultados. La elección de estos factores se basa en criterios que garantizan que cada componente principal obtenido explique el mayor porcentaje de la variación total, o más que cada variable estandarizada (Visauta y Martori, 2003). De esta manera, la varianza total explicada por los k primeros componentes debe ser próxima al 100%. Establecer el porcentaje mínimo de varianza que deben explicar los factores depende de la aplicación concreta del ACP, aunque varios autores recomiendan que entre el 70% y 80% de la varianza explicada por el menor número de variables es suficiente para validar el análisis (Bisqueira, 1989; Hair *et al.*, 2006). En este sentido, se recomienda la retención de aquellos componentes cuyo Valor Propio sea mayor a uno y que sean los necesarios para que conjuntamente puedan explicar el mayor porcentaje posible de la varianza total (Carrasco y Hernán, 1993), siendo éste el criterio recomendado para abordar y validar la información procedente de UP agroganaderas.

La interpretación de los factores obtenidos se realiza en función de las variables originales que presentan un mayor coeficiente de correlación con los factores. Algunos autores recomiendan considerar valores (cargas factoriales) mayores a 0.5 (Visauta y Martori, 2003; Pérez, 2005). De esta for-

ma, se logra que cada componente esté relacionado con un menor número de variables y con ello favorecer la interpretación.

Las cargas factoriales utilizadas son las representadas en la matriz de factores rotados. Algunos autores indican que con el uso de estas matrices la carga factorial se incrementa, sin que con ello se altere la proporción explicativa de los factores (Bisquerra, 1989). Existen diversos métodos para la rotación de factores que pueden ser oblicuos u ortogonales. Un ejemplo de rotación recomendada es el método de rotación *Varimax*. Éste es un método ortogonal (mantiene la condición de perpendicularidad entre cada uno de los factores rotados), recomendado por Carrasco y Hernán (1993), sobre todo cuando existe un número reducido de variables. De esta forma, cada componente rotado presenta una elevada correlación con un número menor de variables, además con el proceso de normalización de Kaiser utilizado, se evita que factores con una mayor capacidad explicativa pesen más en el cálculo y condicionen la rotación (Hair *et al.*, 2006).

Análisis Cluster Jerárquico

El método de Análisis Cluster o de Conglomerados (AC) es una técnica, en muchas ocasiones utilizada de manera complementaria al ACP, para la clasificación de un amplio número de sujetos o casos en subgrupos de máxima homogeneidad interna y máxima heterogeneidad externa (Guisande *et al.*, 2006), que trata de situarlos en grupos, conglomerados o clusters, no conocidos (Carrasco y Hernán, 1993). El AC no debe confundirse con el Análisis Discriminante (AD), ya que el objetivo de éste último es explicar o describir una clasificación establecida a priori, mientras que el AC intenta generar esa clasificación.

El AC puede ser no jerárquico¹ y jerárquico (Serrano, 2002); el método jerárquico es el más utilizado cuando se requiere clasificar datos o individuos con una estructura de árbol en función de diferentes niveles de jerarquía. En el AC jerárquico ascendente o aglomerativo², se parte de tantos grupos iniciales como individuos en el estudio; se trata de conseguir agrupaciones sucesivas entre ellos, de forma que progresivamente se vayan integrando en clusters que a su vez se unirán entre sí a un nivel superior, formando grupos mayores que finalmente se unirán en un cluster

-
- 1 A diferencia del jerárquico, en el AC no jerárquico se conoce a priori el número de grupos que se desea.
 - 2 El AC jerárquico descendente o disociativo parte de un conglomerado general (conjunto de individuos), que se van dividiendo en grupos más pequeños y homogéneos hasta llegar en última instancia a cada uno de los sujetos como un conglomerado más simple.

general único que contiene a toda la muestra. Todos los casos analizados son representados en un dendograma (Pérez, 2005; Guisande *et al.*, 2006). En cada paso del algoritmo sólo un objeto cambia de grupo, mientras que los grupos establecidos han sido anidados en los pasos anteriores. Es decir, si un objeto ha sido asignado a un determinado grupo, este ya no cambiará más (Vicens, 1996).

Para la realización del AC se recomienda utilizar las coordenadas de las UP en los primeros factores o ejes previamente obtenidos en el ACP y que explican el mayor porcentaje de la varianza total. De esta manera, se cumple con los requisitos mínimos necesarios para la aplicación de este tipo de análisis, es decir, los factores no están correlacionados, la unidad de medida es la misma, el número de factores explicativos se reduce y se favorece la interpretación (Martínez-Ramos, 1984).

La aplicación práctica de este análisis supone considerar dos decisiones principales: el criterio de agregación y el algoritmo de clasificación. El criterio de agregación o la medida de distancia permite medir la similitud entre dos individuos genéricos a partir de la matriz de datos de entrada, para obtener una matriz de similitud o disimilitud entre los individuos (Visauta y Martori, 2003). En los análisis se recomienda utilizar la Distancia Euclídea al cuadrado entre cada par de observaciones como método para calcular la distancia entre individuos, que es el que normalmente se utiliza con el método de agrupación de Ward (Carrasco y Hernán, 1993).

Como algoritmo de clasificación o de vinculación de casos se utilizó el método de Ward o de mínima varianza, que considera como distancia entre dos grupos el menor incremento de la varianza residual global. Este método es el indicado cuando se tiene un número reducido de variables y tiende a formar clusters esféricos o compactos del mismo tamaño (Carrasco y Hernán, 1993).

En cuanto al número de grupos resultantes del AC, éste puede determinarse visualmente en el dendograma resultante del análisis, en función de la distancia de ligamiento entre grupos (cuando las distancias sucesivas entre los pasos marquen un repentino salto), o también puede recurrirse a algunos estadísticos como el Criterio Cúbico de Clustering, el valor seudo F o seudo T (SAS, 1994).

Análisis de la evolución general de los sistemas de ganado bovino

Los cambios genéricos experimentados en los sistemas de ganado bovino en el tiempo, tanto en su estructura interna, manejo del ganado, pastoreo

y alimentación, disponibilidad de mano de obra, así como resultados económicos, pueden ser analizados mediante la prueba de *t de Student* para comparación de medias entre fechas, por ejemplo entre 1989 vs. 2012). La muestra de UP para cada fecha en las zonas de estudio consideradas, deben tener el mismo origen, no obstante que no sea constante. Esto es debido a la propia dinámica interna de las UP, como la influencia que pueden tener por factores externos o del medio socioeconómico en que se desarrollan (García-Martínez, 2008).

Este análisis estadístico se plantea cuando se están comparando dos grupos (normalmente dos tratamientos) con relación a una variable cuantitativa. Su distribución está tabulada en distintas formas y puede comprobarse que una variable t_n tiende hacia una distribución normal $N(0, 1)$ cuando n crece. El cálculo de la prueba de *t de Student* no presenta mayor dificultad, ya que no es obligatorio que el tamaño de los grupos sea igual, y tampoco es necesario conocer la dispersión de los dos grupos.

Como todas las pruebas de contraste, se basa en el cálculo de estadísticos descriptivos previos (número de observaciones, media y desviación típica en cada grupo) para calcular el estadístico de contraste experimental. Con la ayuda de las tablas de distribución de *t de Student* se obtiene dicho estadístico, de forma que cuando el valor de F calculado es mayor que el valor de F de las tablas ($P < 0,05$), se rechaza la hipótesis nula y puede decirse que existen diferencias significativas entre los dos tratamientos (Vilez, 2001).

Análisis de los Patrones y Trayectorias de evolución

Para el establecimiento de patrones y trayectorias de evolución de las UP de ganado bovino se utilizan de igual forma, técnicas estadísticas multivariantes: Análisis Factorial por el método de Componentes Principales (ACP) y Análisis Cluster (AC). El fundamento teórico de estos métodos se ha visto en el apartado anterior.

Una vez descritos los cambios generales experimentados, se eligen variables representativas referidas a la estructura de las UP, grado de intensificación, manejo del pastoreo e indicadores económicos. El número puede variar en función del número de UP disponibles o estudiadas. Así mismo, se recomienda variables complementarias, que si bien, no se incluyen en el modelo, si son fundamentales o aportan información relevante para la descripción de las formas de evolución de las UP.

El estudio de la dinámica de los sistemas de ganado bovino a lo largo del tiempo es complejo porque los cambios observados pueden ser de-

bidos a factores individuales, intrínsecos de la UP, o a factores comunes, ligados al tiempo transcurrido. En este sentido, los resultados finales se pueden enmascarar o solapar durante el proceso de análisis por efectos de la estructura interna de las UP y por los efectos externos comunes derivados de la evolución del entorno socioeconómico. Por esta razón, se realiza una transformación de las variables siguiendo la metodología propuesta por Dolédec y Chessel (1987), originalmente desarrollada en el campo de la ecología y posteriormente adaptada por Gibon *et al.* (1999c) en la caracterización de municipios y por García-Martínez (2008), para la caracterización de UP de ganado bovino en condiciones de montaña.

Dolédec y Chessel (1987) propusieron la elaboración de una matriz de datos Z compuesta por p variables, s observaciones y t fechas ($n=st$). En nuestro caso $p = 10$ variables; $s = 71$ UP; $t = 2$ fechas (1990 y 2004). El principio de este método es el siguiente:

Dado que Z_{ijk} indica el valor de la variable k , en la fecha i y para la UP j , se define la variable x_{ijk} como el valor normalizado de la variable k en la fecha i , para la UP j , siendo $x_{i,k}$ y $x_{j,k}$ las medias por fecha y por UP de cada variable respectivamente. Con este método Dolédec y Chessel (1987) propusieron constituir 6 tablas, resultantes de la descomposición de la varianza total de la matriz Z_{ijk} , de acuerdo a tres ejes ortogonales: las UP, las fechas y su interacción. Para hacerlo se reemplaza los x_{ijk} de dicha tabla por:

Tabla X1	$x_{i,k}$	media de las UP por fecha
Tabla Y1	$x_{ijk} - x_{i,k}$	desviación a la media por fecha
Tabla X2	$x_{j,k}$	media de fechas por UP
Tabla Y2	$x_{ijk} - x_{j,k}$	desviación a la media por UP
Tabla X12	$x_{i,k} + x_{j,k}$	predicción aditiva lineal
Tabla Y12	$x_{ijk} - x_{i,k} - x_{j,k}$	desviación al modelo aditivo lineal

En función de lo anterior y de acuerdo con las metodologías propuestas en este capítulo, es posible estudiar las tablas Y1 e Y2. La Tabla Y1 por su construcción ortogonal al efecto “UP” representa las trayectorias “intra-UP”, mientras que La Tabla Y2, ortogonal al efecto “fecha” representa las trayectorias “entre-UP”. En otras palabras, la Tabla Y1 permite comparar las trayectorias de evolución de las UP una vez que se ha atenuado el efecto de su propia estructura, mientras que Y2 permite analizar las diferencias entre las UP y su evolución en el tiempo, una vez eliminado el efecto común del mismo (Dolédec y Chessel, 1987).

Finalmente se retoma la realización de un ACP sobre las tablas Y1 e Y2 con el objetivo de reducir su dimensión y obtener ejes factoriales que iden-

tificasen las principales direcciones de cambio (Factores). Sobre dichos factores se realiza un AC que permite establecer trayectorias y patrones de evolución de acuerdo a las direcciones de cambio observadas.

Análisis de la relación entre Patrones de evolución y otras variables

El estudio de las relaciones entre los patrones de evolución identificados a partir de la complementación entre ACP y AC, así como de otras variables relacionadas con el medio socioeconómico, determinadas características de la familia y del sistema de producción, se puede realizar mediante un Análisis Discriminante (AD).

El Análisis Discriminante (AD) es un técnica estadística multivariante cuyo objetivo fundamental es analizar si existen diferencias significativas entre grupos de objetos u observaciones definidos a priori, respecto a un conjunto de variables predictoras (variables independientes) que son métricas, y si las hay, a que se deben y en que sentido se presentan. También se puede utilizar para pronosticar el grupo preestablecido al que pueden pertenecer nuevas observaciones. Por tanto, se puede considerar el AD como un tipo de análisis de grupos o perfiles, siendo su naturaleza descriptiva, o bien como una técnica predictiva cuando se trata de clasificar nuevos individuos u observaciones.

En el AD los grupos de pertenencia de cada individuo están previamente definidos (variable categórica dependiente) y tiene la capacidad de tratar dos o más grupos, denominándose en este último caso análisis discriminante múltiple.

Si tenemos un conjunto de n objetos divididos en q grupos ($G_i; i=1, \dots, q$) de tamaños ($n_g; g=1, \dots, q$) que constituyen una partición de la población de la que dichos objetos proceden, y un conjunto de variables explicativas numéricas observadas sobre dichos objetos $Y = (Y_{1g}, \dots, Y_{pg})$, podemos utilizar esta información para discriminar entre los q grupos anteriores (Salvador, 2004).

La construcción del modelo discriminante exige unos requisitos que deben cumplirse; las variables utilizadas en el análisis deben cumplir con la hipótesis de normalidad y heterocedasticidad. La última supone contrastar la hipótesis nula de igualdad de las matrices de varianza y covarianza de las variables analizadas (Huberty, 1994). Se utiliza el estadístico M de Box que contrasta hasta qué punto las matrices de varianzas-covariancias para cada variable pueden proceder o no de la misma población, es decir si difieren o no significativamente. El proceso llevado a cabo por el AD con-

siste en la reducción de las variables explicativas a unas nuevas variables “canónicas”, combinación lineal de las originales, que son expresadas en la función discriminante y que permiten una mejor explicación de las diferencias entre grupos (Bisquerra, 1989).

Existen varios procedimientos para la obtención de las funciones discriminantes, siendo el procedimiento de *Fisher* el utilizado en este trabajo, ya que es uno de los más utilizados (Salvador, 2004). Posteriormente, hay que seleccionar un método de selección de variables, habiéndose utilizado el de la *Lambda de Wilks* que permite medir el poder discriminante de un conjunto de variables. Para crear o derivar las funciones discriminantes existen dos tipos de algoritmos de selección: el método de introducir variables independientes juntas (método directo o simultáneo) y el método de inclusión por pasos (Vicens, 1996). En el primero las funciones discriminantes se calculan basándose en el conjunto completo de variables independientes, sin considerar la capacidad discriminante de cada variable individualmente. En el segundo se incluyen las variables independientes de una en una, según su capacidad discriminante; este último método es el utilizado en este trabajo.

En el proceso de inclusión por pasos es necesario proporcionar un valor F de entrada y de salida de las variables en la función discriminante. Si el valor obtenido al introducir una variable en el conjunto discriminante no es inferior al valor de entrada, la variable considerada no entra en dicho conjunto, y si el valor obtenido al eliminarla del conjunto de discriminación no es superior al de salida, la variable considerada no sale de dicho conjunto (Huberty, 1994; Guisande *et al.*, 2006). En el análisis se tomó como criterio de entrada una significación máxima de F de 0,05 y para eliminar de 0,06.

El número de funciones discriminantes se determina mediante un contraste de hipótesis secuencial, mediante el estadístico de *Lambda de Wilks* y la correlación canónica. Las funciones discriminantes resultantes permiten describir los grupos y determinan el porcentaje de la varianza total explicada por la suma de las funciones obtenidas (Pérez, 2005).

Para interpretar el resultado obtenido, es decir el significado de las funciones discriminantes, se utiliza la matriz de estructura que mide la correlación lineal entre cada variable independiente y las funciones discriminantes. De esta forma, es posible interpretar el significado de las funciones utilizando, para cada una de ellas, aquéllas variables con los que mayor correlación tienen (Pérez, 2005). Así mismo, para analizar el sentido de la discriminación, es decir qué grupos separa cada función discriminante y en qué sentido, se puede utilizar además de las representaciones gráficas

una comparación de los centroides de los grupos, que es una medida resumen de las diferencias entre los grupos (Hair *et al.*, 1999). Por último, para determinar la capacidad predictiva de la función discriminante se construyen matrices de clasificación; así, para evaluar la eficiencia se construye la denominada tabla de confusión, que nos muestra el número de sujetos correcta e incorrectamente clasificados sobre el total de la muestra utilizada en el análisis discriminante (Visauta y Martori, 2003).

En este sentido, el AD se puede realizar a partir de variables independientes diferentes a las utilizadas a priori en la clasificación e identificación de los patrones de evolución (variable dependiente). Con ello se pretende identificar las circunstancias que influyen o ayudan a interpretar dichos patrones de evolución. Uno de los principales problemas en el AD es la elección adecuada de las variables, sobre todo cuando se tiene un número considerable de ellas (Bisquerra, 1989). Por esta razón, varios autores recomiendan realizar un análisis exploratorio previo de los datos, con el fin de elegir las variables que cumplan con criterios de normalidad y que no se correlacionen entre sí para evitar solapamiento de los resultados (Salvador y Gargallo, 2003; Visauta y Martori, 2003; Hair *et al.*, 2006;). Bajo estas condiciones, se recomienda realizar un análisis preliminar de n número de variables relacionadas con el entorno físico, la familia y la estructura de las UP en las dos fechas de estudio que se desee considerar. Eliminando aquellas que no cumplan la prueba normalidad ($P > 0,05$). Posteriormente, sobre las 29 restantes se realizó un análisis de correlación de Pearson y se eliminaron siete variables más que estaban correlacionadas ($P > 0,05$). Finalmente, realizar un ACP con las variables que cumplan estas características. El ACP se ha planteado frecuentemente para sustituir en el AD las variables originales por factores (White, 1982; Gil *et al.*, 2003), con lo que se garantiza, por un lado, evitar complicaciones derivadas de la multicolinealidad (Hair *et al.*, 2006) y, por otro, se reduce considerablemente el número de variables independientes y la interpretación de las funciones descriptivas o explicativas es más clara y sencilla (García-Martínez, 2008).

Los resultados del AD pueden interpretarse desde dos ópticas: considerando el significado de las funciones discriminantes entre grupos, bien por el análisis de la matriz de estructura y los coeficientes estandarizados de dichas funciones (Bisquerra, 1989), o bien por el sentido de la discriminación entre los grupos establecidos, es decir, identificando cuales son los grupos que separa o describe cada función discriminante y si lo hace en sentido positivo o negativo. Con este método, se recurre a la representación gráfica del espacio de discriminación y a los perfiles multivariantes correspondientes a cada grupo (Guisande *et al.*, 2006).

Modelización de sistemas agropecuarios

En Economía el término “modelo” hace referencia a una representación simplificada de fenómenos reales. La *modelización* es un proceso científico que reduce una realidad compleja a un sistema estructurado de elementos y relaciones que expresan la realidad misma (Howitt, 2006). Un modelo debe representar aquellas facetas del mundo real que son relevantes para su aplicación, por tanto, el tipo de modelo a utilizar está en función de su uso (Dent y Blackie, 1979).

De forma general, se pueden diferenciar los modelos según algunas de sus características más relevantes. Así se denominan modelos empíricos aquellos que proporcionan predicciones a partir de datos obtenidos mediante la observación; los mecanicistas, por su parte, describen los mecanismos subyacentes que se combinan para representar el comportamiento de un sistema complejo, lo que facilita el traslado del modelo a ambientes diferentes de aquel en el que se ha desarrollado (Dent *et al.*, 1994).

Son modelos determinísticos aquellos que hacen predicciones definitivas a partir de variables determinadas o conocidas; es decir, aquellos en los que no entran en juego procesos aleatorios. Por otro lado, los estocásticos permiten introducir elementos de incertidumbre en el comportamiento del sistema a través de la consideración de distribuciones de probabilidad adecuadas (France y Thornley, 1984). También pueden ser estáticos o dinámicos, estos últimos al contrario que los primeros, incorporan el tiempo como variable, por lo que tienen capacidad de simular el comportamiento del sistema en periodos prolongados de tiempo.

Se denominan modelos de optimización cuando el modelo llega a una solución óptima en función de determinadas restricciones (programación lineal, multicriterio y dinámica), mientras que los modelos de simulación obtienen un resultado a partir de grupos de variables predefinidas (Van Dyne y Abramsky, 1975).

La simulación puede ser definida como la manipulación numérica de una representación simbólica de un sistema con el objetivo de generar información experimental sobre los sistemas o sobre el modelo de los sistemas (Oriade y Dillon, 1997).

En la construcción de modelos de sistemas agropecuarios, la optimización y la simulación dinámica son las dos metodologías que tradicionalmente se han utilizado (Oriade y Dillon, 1997).

El uso de modelos de simulación en el estudio de sistemas agropecuarios se ha convertido en un procedimiento estándar porque presenta algunas ventajas como señalan Bernués *et al.* (1995). Permiten el estudio

de sistemas en situaciones en las que la experimentación sería imposible o muy costosa en recursos humanos y materiales; permiten el estudio de efectos a largo plazo ya que el horizonte temporal es fijado por el investigador; incorporan elementos de incertidumbre inherentes a cualquier sistema biológico; generan resultados en poco tiempo y permiten un rápido acceso a la información, y, por último, su construcción obliga al investigador a examinar el sistema de manera objetiva, lo que a menudo supone una revisión crítica de sus conocimientos.

Sin embargo, la simulación en sistemas agropecuarios no está exenta de problemas o desventajas (Bernués *et al.*, 1995; Oriade y Dillon, 1997): una de las primeras preocupaciones es su costo, tanto en términos monetarios como en tiempo para el proceso de análisis, recolección de datos y construcción del modelo; las dificultades de la validación del modelo, es decir, su contrastación con el mundo real, es otro de los puntos críticos a la hora de trasladar los modelos a situaciones reales; asimismo, en ocasiones, la divergencia entre los resultados del modelo y la realidad es demasiado grande; por último, en algunos casos los modelos de optimización no conducen a una solución óptima.

A pesar de ello, según Oriade y Dillon (1997) la revisión de la bibliografía existente pone de manifiesto que la simulación es uno de los únicos métodos que puede facilitar la resolución de ciertos problemas complejos o dinámicos que de otra forma serían imposibles de abordar. Así mismo, según estos mismos autores, se ha producido un incremento importante del número de trabajos en los que los modelos de simulación se utilizan para ayudar en la gestión de la toma de decisiones lo que pone de manifiesto su importancia.

Algunos de estos sistemas de apoyo a la toma de decisiones (*Decision Support Systems* en inglés) combinan ambas metodologías, es decir, se trata de modelos de simulación integrados con modelos de optimización. De tal forma que un número elevado de simulaciones dinámicas son posteriormente valoradas mediante modelos de programación lineal o multicriterio (Bernués *et al.*, 1995).

Con relación a los modelos de optimización, uno de los mayores argumentos para utilizarlos en la modelización de sistemas agropecuarios es la posibilidad de abordar de una forma precisa la relación entre elementos económicos, biofísicos y elementos ecológicos. Además, ofrecen la ventaja frente a otros métodos de análisis de la actividad agropecuaria en general de que son capaces de considerar la elevada interrelación entre factores multivariantes característica de la actividad agropecuaria (Hazell y Norton, 1986).

Importancia de la modelización de UP agropecuarias

La modelización de las actividades agropecuarias puede realizarse a diferentes niveles de análisis, así por ejemplo los modelos pueden referirse a UP individuales o a medias de UP o bien tratarse de modelos agregados o sectoriales. El nivel elegido para elaborar los modelos dependerá, lógicamente, del objetivo del análisis.

En general, los efectos de las políticas dependen de cómo los agentes implicados o actores reaccionan frente a dichas políticas. Dado que las políticas no pueden ser testadas a nivel de laboratorio, los posibles efectos o impactos tienen que ser simulados y analizados antes, durante o después de la acción (evaluación *ex-ante* y *ex-post*) mediante la utilización de modelos (Buysse *et al.*, 2007).

En la mayoría de las ocasiones, los responsables políticos y los agricultores o ganaderos están interesados en evaluar “*ex-ante*” los resultados como consecuencia de la elección en términos de política y planificación de sus UP (Zander y Kachele, 1999). Este interés se refiere, fundamentalmente, a la evaluación de los efectos socio-económicos y medioambientales en las UP, como consecuencia de innovaciones tecnológicas, o bien, de cambios en las políticas (Janssen y van Ittersum, 2007).

Los modelos bio-económicos de UP pueden definirse como modelos que formulan las relaciones existentes entre las decisiones de gestión de los recursos y las diferentes alternativas de producción, tanto actuales como posibles, para alcanzar ciertas producciones y externalidades asociadas (Janssen y van Ittersum, 2007). Este tipo de modelos junto con otros métodos, como los sistemas multi-agente (Bousquet y Le Page, 2004), son los propuestos por los investigadores para evaluar “*ex-ante*” las consecuencias de las arriba mencionadas innovaciones técnicas o cambios en las políticas agropecuarias o agro-ambientales.

Precisamente, los modelos bio-económicos se han desarrollado últimamente para poder abordar e integrar la información económica y agroecológica en el análisis del impacto de las políticas agropecuarias (Ruben *et al.*, 1998). Las UP ganaderas se consideran, en la actualidad, como el centro decisor en relación a la producción agropecuaria, de tal forma que los gestores de las UP toman sus decisiones, además de en función de los factores internos, en función de dos grandes grupos de factores externos: el entorno agro-ecológico y el socio-económico. El primero determina la amplitud del rango de variación entre las actividades agropecuarias actuales y potenciales entre las que pueden elegir las UP, mientras que el entorno socio-económico incentiva o desincentiva para la elección de estas activi-

dades (Ruben *et al.*, 1998). Por tanto, la integración entre factores agroecológicos y socio-económicos tiene lugar a nivel de las UP.

Además, los modelos a nivel de UP, a diferencia de los modelos agregados, tienen la ventaja de que permiten analizar las diferencias en los resultados obtenidos entre las UP según sus características (Kerselaers *et al.*, 2007), siendo muy útiles cuando interesa conocer el impacto regional o sectorial de determinadas políticas alternativas.

Los modelos bio-económicos de UP, como se ha comentado para los modelos en general, pueden clasificarse en empíricos o mecanicistas, y según su enfoque, en positivos o normativos.

El enfoque positivo trata de modelizar el comportamiento actual del ganadero describiendo sus respuestas y tratando de comprenderlas, mientras que el enfoque normativo trata de buscar soluciones óptimas a alternativas de gestión de los recursos y de localización (Janssen y van Ittersum, 2007). Según estos autores, los modelos mecanicistas utilizan generalmente programación matemática o modelos de optimización que habitualmente están basados en Programación Lineal (PL). Se suelen utilizar con frecuencia enfoques normativos, por ejemplo en los trabajos de Wossink *et al.* (1992), Ten Berge *et al.* (2000), Berentsen (2003) y Pacini *et al.* (2004). Estos modelos se utilizan para evaluar alternativas de sistemas de UP o innovaciones técnicas dirigidas a los agricultores o para explorar los efectos a largo plazo de las políticas o innovaciones tecnológicas dirigidas a los responsables políticos y al resto de actores implicados. Sin embargo, la capacidad de predicción de estos modelos es limitada y, por consiguiente, también su utilidad en la evaluación de políticas, sobre todo, en el caso de tratarse de innovaciones tecnológicas (Janssen y van Ittersum, 2007).

Frecuentemente, se supone que las metodologías que se utilizan para el análisis normativo son distintas a las del análisis descriptivo. En el primer caso serían las técnicas de optimización (como la PL) y en el segundo serían técnicas de tipo inductivo que no hacen referencia al término optimización. Los modelos de PL suele considerarse como modelos normativos (Kerselaers *et al.*, 2007), los cuales se han utilizado durante más de 50 años en Economía Agropecuaria (Buysse *et al.*, 2007).

Posteriormente, se desarrollaron los modelos positivos de programación matemática para superar el enfoque normativo (Howitt, 1995). Contrariamente, a la programación normativa, en el modelo positivo algunos parámetros se ajustan para reproducir exactamente una situación conocida. Como los modelos reproducen datos observados, el método se llama positivo (Buysse *et al.*, 2007). El método de calibración propuesto

por Howitt (1995) para un modelo de programación matemática positiva, sigue siendo todavía el más utilizado.

Sin embargo, según Boussard (1977), la diferencia entre los modelos normativos y descriptivos estaría en el uso que se hace del modelo y no en las técnicas matemáticas para construirlos, por lo que la PL se puede utilizar también con fines descriptivos, es decir, con un enfoque positivo.

Algunos autores como Kerselaers *et al.* (2007) afirman que la PL es un modelo normativo y que por ello los resultados obtenidos, en su caso para evaluar la conversión de UP convencionales en UP ecológicas, deben ser interpretados no como los cambios actuales en los ingresos de los ganaderos, sino como los cambios potenciales. Es decir, alcanzar dicho potencial en la actualidad, dependerá de la eficiencia y de las habilidades de gestión de los ganaderos.

A pesar de las desventajas de los modelos normativos, éstos se siguen utilizando por diferentes motivos, en algunos casos porque no se tienen datos empíricos sobre nuevas políticas o prácticas agrícolas y porque en muchas ocasiones el objetivo no es la optimización sino describir el comportamiento de los sistemas, es decir, la finalidad es descriptiva (Boussard, 1977; Buysse *et al.*, 2007).

Otra de las evoluciones de la programación matemática, ha sido el desarrollo de los modelos de decisión multicriterio que permiten encontrar el mejor compromiso entre objetivos, incluso siendo éstos conflictivos entre sí (Romero y Rehman, 1989) y pudiendo abordar diferentes dimensiones: económica, social, medioambiental, biofísica, etc. La programación por metas y la programación multi-objetivo se han utilizado ampliamente para modelizar UP agrícolas (Romero y Rehman, 1984; Holden, 1993; Piech y Rehman, 1993; Berentsen y Giesen, 1995; Maino *et al.*, 1995; Teruel, 1998; Cabanes, 2000; Jiménez *et al.*, 2001), en muchos casos con enfoques normativos.

Otra de las utilidades de los modelos a nivel de las UP agropecuarias es la ayuda en la toma de decisiones, habiéndose utilizado técnicas de optimización junto con modelos de simulación, como se comentó en el apartado anterior. Concretamente, se han elaborado modelos de simulación cuyas salidas son evaluadas mediante programación multi-objetivo o programación por metas, de forma que es posible concluir qué combinaciones de factores y estrategias de producción son las que proporcionan un mejor compromiso entre la disponibilidad de recursos y los objetivos fijados en la UP (Ramírez *et al.*, 1992; Niño de Zepeda *et al.*, 1994; Sorensen y Kristensen, 1994; Fawcett, 1996; Herrero, 1997; Herrero *et al.*, 1999; Zander y Kachele, 1999; Castelan-Ortega *et al.*, 2003a; Castelan-Ortega *et al.*, 2003b).

También se han utilizado mucho los modelos bio-económicos mecanicistas como sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Sin embargo, McConwn (2002) señaló que existe un vacío entre el enfoque normativo, la eficiencia técnica y económica, la situación de la UP y cómo se sienten los ganaderos, cuando se utilizan estos modelos para ayudar en la toma de decisiones. Por tanto, propone ir hacia un enfoque participativo basado en el dialogo con el ganadero. En la toma de decisiones, en las UP familiares, es importante no sólo considerar aisladamente los objetivos de los ganaderos sino los de la familia, junto con aspectos de personalidad, estilos de vida y objetivos económicos (Ruben *et al.*, 1998; McGregor *et al.*, 2001; McCown, 2002; Wallace y Moss, 2002; Bergevoet *et al.*, 2004). Así, por ejemplo, la presencia de ingresos de fuera de la UP juega un papel crucial, tal y como se discute en el trabajo de Wallace y Moss (2002). Por tanto, en los modelos de ayuda en la toma de decisiones esta diversidad de objetivos debería ser considerada si queremos aproximarnos al comportamiento real de las UP.

Por último, recientemente se observa un renovado interés en el uso de modelos de programación matemática, sobre todo para analizar los efectos de cambios en las políticas agropecuarias (Buysse *et al.*, 2007). Este mayor interés puede ser debido al cambio de políticas basadas en el sostenimiento de los precios hacia sistemas dirigidos a las UP (cuotas, densidades de carga, etc.), a un mayor interés en la multifuncionalidad de la agricultura y a la posibilidad que ofrece esta metodología de introducir restricciones, como disponibilidad de superficies o necesidades de los animales, estableciendo relaciones entre ellas, de tal forma que evita la obtención de resultados imposibles y, por tanto, incrementa la credibilidad de los modelos de optimización.

Finalmente, la mejora de los márgenes económicos de la UP también puede conseguirse a través de la reducción de los costos de producción y de las necesidades de mano de obra. Entre los costos de producción en sistemas de vacas madre la alimentación constituye el más importante (Serrano *et al.*, 1998). Las superficies de pastos se han considerado tradicionalmente como excedentarias en recursos alimenticios e infrautilizadas, sin embargo, considerando la estacionalidad de la producción y la variabilidad de su calidad, el pastoreo no permite cubrir los objetivos zootécnicos en determinados tipos de animales (Revilla, 1987; Casasús, 1998), por lo que es necesario introducir cambios en la gestión técnica del pastoreo de los hatos de carne. Además, pueden utilizarse diferentes estrategias de sub-nutrición de los animales adultos durante la estabulación para reducir los costos de alimentación, pero es necesario considerar las repercusiones productivas y reproductivas a corto y largo plazo que éstas pudieran tener (Sanz, 2000).

Principales indicaciones

A partir de cada grupo de UP establecido según su trayectoria de evolución a partir de metodologías abordadas en capítulos anteriores, se elabora un modelo de optimización mediante Programación Lineal (PL). Para su elaboración se recomienda iniciar de los modelos propuestos por Olaizola (1991). Las UP se optimizan y posteriormente son sometidas a escenarios socio-económicos alternativos, definidos según la disponibilidad del factor trabajo, consecuencia de la posibilidad de actividades no agropecuarias en las UP, y diversos cambios en las políticas agropecuarias y en los mercados.

Para la estructuración de estos modelos se utilizan las características medias de los grupos de UP establecidos en las tipologías, así como la bibliografía existente, sobre todo en relación a determinados aspectos técnicos.

Básicamente, el modelo que se desarrolla, como la mayoría de los modelos de UP, presenta una serie de actividades agrícolas y ganaderas necesarias para el funcionamiento de las UP de ganado bovino. Estas actividades tienen en su origen un consumo o un aporte (o ambos) de bienes y servicios. Generalmente las actividades que tienen una contribución positiva a la renta en su origen son consumidoras de bienes, y a la inversa, aquellas que contribuyen de forma negativa en la renta aportan en origen determinados bienes. En resumen, estos efectos monetarios por el consumo o la oferta de bienes se traducen en una contribución positiva o negativa a la función económica que representa el Margen Bruto de los sistemas de ganado bovino, por ejemplo. Los modelos desarrollados representan el funcionamiento anual o de un ciclo de producción (modelo estático) o de varios años (modelo dinámico) de las UP, distribuidos en periodos (estaciones del año: primavera verano, otoño e invierno), épocas relevantes en la producción de forraje: lluvias o sequía, entre otros).

En los siguientes apartados se explican con detalle todos los aspectos técnicos y económicos considerados en los modelos que se establecen, así como la función objetivo y las restricciones consideradas.

La Programación Lineal

La programación lineal es un método sistemático para determinar matemáticamente, con los recursos disponibles, un plan óptimo para elegir y combinar las actividades económicas, por medio del cual se consigue el máximo beneficio o el mínimo costo. En general, los problemas de PL tienen la siguiente estructura: existe un objetivo a alcanzar, un beneficio máximo, un costo mínimo o mínimo periodo de tiempo del sistema que se

estudia; hay asimismo un gran número de variables que actúan de manera simultánea y que pueden ser de diferentes tipos, existiendo, en ocasiones, objetivos contradictorios con el objetivo del problema. De forma estándar, el método permite obtener niveles óptimos (máximos o mínimos) de una función lineal, cuyas variables (n) están sujetas a una serie de limitaciones o condiciones restrictivas (m) que limitan su magnitud y que se expresan en forma de relaciones lineales (ecuaciones o inecuaciones) llamadas restricciones. Entre las restricciones se distinguen las de no negatividad, del tipo $x_{ij} \geq 0$, y las que se denominan restricciones verdaderas y pueden tomar, en general, cualquier conjunto de valores reales que satisfagan las restricciones (Dantzig y Thapa, 2003).

En suma, se trata de optimizar una función lineal, cuya formulación se expresa:

$$\begin{aligned}
 & n \\
 & f(x) = \sum_{j=1}^n e_j x_j \\
 & \text{sujeto a:} \\
 & n \\
 & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad i = 1, \dots, m \\
 & \text{con } x_{ij} \geq 0
 \end{aligned}$$

Donde: x_{ij} es el nivel de actividad j -ésima por lo que n denotará el número de actividades; c_j representa el margen de beneficio o costo que supone producir una unidad de j -ésima; a_{ij} representa la cantidad de i -ésimo recurso necesario para producir una unidad de la j -ésima actividad. Por tanto, m denotará el número de recursos y b_i representa la cantidad disponible del i -ésimo recurso o sus necesidades.

De forma matricial la formulación del problema es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Optimizar} \quad & z = c x \\
 \text{Sujeto a} \quad & A x \leq b \\
 & x \geq 0
 \end{aligned}$$

Donde: A es la matriz de coeficientes técnicos; b es el vector de disponibilidad de recursos y c es el vector de precios o costos unitarios.

Existen una serie de hipótesis básicas que son inherentes a la propia naturaleza del problema, a los recursos o a las actividades implícitas en el modelo lineal:

a) optimización: ya que existe una función objetivo previamente definida para optimizar; b) *estabilidad*: por que al menos una restricción presenta un coeficiente de disponibilidad de recursos distinto de cero; c) *finitud*: existe un número finito de actividades y restricciones que permiten encontrar una solución; d) *determinismo* ya que no se permite la aleatoriedad en los coeficientes c_j , a_{ij} , b_r , es decir, son constantes conocidas de lo contrario el problema requiere otra formulación; e) *continuidad*: los recursos pueden ser utilizados y las unidades producidas en cantidades que están en unidades fraccionarias; f) *homogeneidad*: supone que todas las unidades para un mismo recurso o actividad son las mismas; g) *aditividad*: no se permite la interacción de las actividades; éstas tienen que ser aditivas, de modo que cuando se utilizan dos o más, su producción total es la suma de sus producciones y h) *proporcionalidad*: el beneficio o costo (c_j), así como las necesidades (b_r) por unidad de actividad (a_{ij}) se suponen constantes independientemente del nivel de actividad utilizado.

A pesar de las limitaciones de la PL, mediante una atenta definición de las actividades y de los límites entre los que pueden variar sus respectivos niveles, es posible traducir fielmente el fenómeno de la producción en la sistemas ganaderos, llegando así a modelos con el suficiente grado de aproximación a una realidad lineal en muchas de sus manifestaciones y no lineal en otras (Cabanes, 2000).

El modelo puede ser desarrollado con el programa de optimización Xpress-MP (Dash Optimization \hat{a}). Éste es un software de modelización y de optimización que está integrado por dos componentes básicos: Xpress-Mosel y Xpress-Optimizer (Dash-Optimization, 2006). Xpress Mosel es una plataforma de sintaxis para la introducción de las características del problema, la cual crea a partir de la descripción del código un modelo adecuado para su procesamiento por Xpress-Optimizer. Así pues, el modelo se describe completamente en la plataforma Mosel, mientras que los datos numéricos que lo alimentan pueden incluirse en la misma plataforma o en ficheros externos, ya que tiene la capacidad de ejecutarlos mediante un módulo de conectividad o interfaz ODBC. Ambas partes deben estar escritas en el lenguaje Mosel, específico del programa. Por otro lado, Xpress Optimizer es la plataforma para ejecutar, haciendo uso de diversos algoritmos (dual, primal, árboles de búsqueda, entre otros), el modelo codificado en Xpress Mosel y así obtener la solución óptima del problema. También pueden utilizarse otras plataformas como PRIOR, LINGO/LINDO, NODRIZA, SOLVER de Excel, entre otros.

Análisis de escenarios

Los modelos de PL, correspondientes a otras tantas trayectorias de evolución de las UP, pueden ser ejecutados considerando tantos escenarios socio-económicos o hipótesis, como el investigador se lo proponga. Algunos ejemplos se describen a continuación:

Escenario 1. “Optimización de los modelos”

En primer lugar, se optimizaron los sistemas de ganado bovino observados, lo que constituye el escenario 1 (E1 Optimización). Estos modelos corresponden a las trayectorias obtenidas mediante ACP y AC. Es decir, es un escenario en el que los modelos de PL se optimizaron en función de una serie de parámetros previamente establecidos y que se relacionan con las características medias de los grupos de UP estudiados. Para establecer estos parámetros se considera información relevante de las condiciones estructurales de las UP y las relaciones con el entorno socioeconómico existente en el momento de la recopilación de información. De esta forma, los modelos se ajustan para que la diferencia entre los resultados obtenidos y las trayectorias establecidas de las UP observados sea la mínima posible, lo que constituye una primera aproximación a la validación de dichos modelos.

Escenario 2. “Eliminación parcial de subsidios y elección de engorda de terneros o producción de leche”

En esta hipótesis, denominada E2 Eliminación Parcial de subsidios, se modifican los modelos establecidos de tal forma que no se fija el porcentaje de terneros comercializados como destetados o engordados o especialización en la producción de leche, es decir se deja elegir al modelo de PL el tipo de producto, que constituye una variable de decisión. Además, se plantea una nueva situación de eliminación de los subsidios percibidos por los ganaderos.

Escenario 3. “Eliminación parcial de los subsidios, elección de engorda de terneros o leche y pluriactividad”

En esta hipótesis, denominada E3 Pluriactividad, se mantienen las características del escenario E2 respecto a la elección de engorda o producción de leche y la eliminación parcial de subsidios, pero además, se contempla la posibilidad de que el ganadero pueda realizar una actividad no agropecuaria. Es decir, habría una nueva actividad no ganadera en los modelos que supone el empleo de $\frac{1}{2}$ UTA (distribuida en las cuatro estaciones conside-

radas), retribuida según el salario medio en las actividades agropecuarias. Se trata de una variable binaria que permite evaluar el interés, desde una perspectiva económica, de la pluriactividad de los ganaderos y las repercusiones en los sistemas practicados.

Escenario 4. “Eliminación total de los subsidios, elección de engorda de terneros o producción de leche y pluriactividad”

En este escenario, denominado E4 Eliminación Total, se planteó una situación hipotética de eliminación total de los subsidios. Así mismo, se mantiene libre la elección de la engorda de terneros o producción de leche y la realización de actividades no agropecuarias.

Análisis de sensibilidad

El Análisis de Sensibilidad (AS) es un componente metodológico fundamental en la modelización mediante PL ya que sólo en raras ocasiones conocemos los parámetros del modelo con exactitud. Este análisis consiste básicamente en examinar los efectos ocasionados por la variación de los valores de los parámetros del problema sobre la solución óptima del modelo, es decir, nos permite conocer la sensibilidad de la solución a la variación de los parámetros originales.

Además, la solución genera una gran cantidad de información, ya que todo problema de PL tiene asociado un problema dual que proporciona información sobre los costos de oportunidad o precios sombra de los recursos, así como los costos de sustitución (Castillo *et al.*, 2002). En el AS deben considerarse aquellos parámetros para los que la solución es muy sensible y no son conocidos con certeza. Por lo anterior, en los modelos establecidos se puede realizar un AS considerando cambios en los precios de los concentrados y de los terneros o leche vendidos. Por ejemplo, considera retomar el estudio sobre el escenario E3, evaluando cuatro supuestos o hipótesis que se refieren a: i) incremento en el precio de los concentrados; ii) disminución del precio de la carne o de la leche y iii) simultáneamente, incremento del precio de los concentrados y disminución del precio de los terneros vendidos al destete.

Debido al incremento del uso de cereales para la elaboración de biocombustibles y la mayor demanda para consumo humano en mercados internacionales se ha producido un aumento del precio de los cereales, que repercute en el del concentrado utilizado en la alimentación de los animales

en engorda. Para ello, a partir del costo de referencia del año considerado, por ejemplo 2102, cuyo precio promedio del kg de concentrado comercial es de 5.0 pesos, se han planteado los análisis de sensibilidad siguientes:

1. AS1, incremento del 25% del costo de los concentrados.
2. AS2, incremento del 50% del costo de los concentrados.

Por otra parte, se ha realizado dos AS suponiendo una reducción del precio de la carne o de la leche., se ha supuesto lo siguiente:

3. AS3, disminución del 10% del precio de la carne o de la leche.
4. AS4, disminución del 20% del precio de la carne o de la leche.

Finalmente se han realizado dos AS aumentando el precio de los concentrados y disminuyendo el precio del ternero destetado o de la leche simultáneamente., se ha considerado lo siguiente:

5. AS5, disminución del 20% del precio del ternero destetado o de la leche e incremento del 25% del costo del concentrado
6. AS6, disminución del 20% del precio del ternero destetado o de leche e incremento del 50% del costo del concentrado.

BIBLIOGRAFÍA

- ATTONATY, J. M. (1980). "Qu'est-ce que le système fourrager?", *Perspectives Agricoles. Special Systèmes Fourragers*: 20-27.
- BALDOCK, D., Beaufoy, G., Brouwer, F. y Godeschalk, F. (1996). *Farming at the margins: Abandonment or Redeployment of Agricultural Land in Europe. Institute for European Environmental Policy Agricultural Economics Research Institute, London-The Hague.*
- BARTUNEK, P. J., Bobko, P. y Venkatraman, N. (1993). "Towards innovation and diversity in management research methods", *Academy of Management Journal* 36 (6): 1362-1373.
- BELLIDO, M. M., Escribano, M. S., Mesías, F. J. D., Rodríguez, A. d. L. y Pulido, F. G. (2001). "Sistemas extensivos de producción animal". *Archivos de Zootecnia* 50: 465-489.
- BENOIT, M. (1994). "Environmental issues: use of farming systems research/extension to resolve environmental and spatial problems", en Dent, J. B. y McGregor, M. J (Eds). *Rural and farming systems analysis: European perspectives. CAB International, UK.* 167-177.

- BERENTSEN, P. B. M. (2003). "Effects of animal productivity on the costs of complying with environmental legislation in Dutch dairy farming". *LIVESTOCK PRODUCTION SCIENCE* 84 (2): 183-194.
- BERENTSEN, P. B. M. y Giesen, G. W. J. (1995). "An environmental-economic model at farm-level to analyse institutional and technical change in dairy farming", *Agricultural Systems* 49 (2): 153-175.
- BERGEVOET, R. H. M., Ondersteijn, C. J. M., Saatkamp, H. W., van Woerkum, C. M. J. y Huirne, R. B. M. (2004). "Entrepreneurial behaviour of Dutch dairy farmers under a milk quota system: goals, objectives and attitudes", *Agricultural Systems* 80 (1): 1-21.
- BERNÚES, A., Casasús, I., Sanz, A., Manrique, E. y Revilla, R. (2002). "Mejora de la extensificación del ovino en zonas de montaña", *Europa Agropecuaria* 11-14.
- BERNÚES, A., Herrero, M. y Dent, J. B. (1995). "Simulation of livestock farming systems: a review of sheep models at animal, herd and farm levels. Investigación Agropecuaria", *Producción y Sanidad Animales* 10 (3): 243-272.
- BERNÚES, A., Riedel, J. L., Asensio, M. A., Blanco, M., Sanz, A., Revilla, R. y Casasús, I. (2005a). "An integrated approach to studying the role of grazing livestock systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain)". *Livestock Production Science* 96 (1): 75-85.
- BERTALANFFY, L. V. (1973). *General Systems Theory, Foundations, Development, Application*. Revised edition. George Braziller. Nueva York. 295 pp.
- BISQUERRA, A. R. (1989). *Introducción conceptual al análisis multivariable: un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD*. PPU. S.A. Barcelona, España. 1. 390 pp.
- BOUSQUET, F. y Le Page, C. (2004). "Multi-agent simulations and ecosystem management: a review", *ECOLOGICAL MODELLING* 176 (3): 313-332.
- BOUSSARD, J. M. (1977). "Estudios de programación lineal aplicada al sector agropecuario en países no socialistas: una revisión", *Agricultura y Sociedad* 5: 9-49.
- BROSSIER, J., Chia, E., Caneill, J., Capillon, A., Delahaye, O., Jauneau, J. C., Moisan, H. y Zelem, M. C. (1990). "Regional management", *Economie Rurale* 198: 21-27.

- BROSSIER, J., Chia, E. y Marshal, E. (1984). "Les agriculteurs et leurs pratiques de trésorerie", *ECONOMIE RURALE* 161: 46-49.
- BUYSE, J., Van Huylenbroeck, G. y Lauwers, L. (2007). "Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multifunctionality in agricultural policy modeling", *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120 (1): 70-81.
- CABANES, M. F. (2000). *La empresa agropecuaria, su planificación mediante programación matemática*. IMAGRAF. Andalucía, España. 473 pp.
- CAPILLON, A. (1985). "Connaître la diversité des exploitations: un préalable a la recherche de références techniques regionales", *Agriscopes* 6: 31-40.
- CARRASCO, J. L. y Hernán, M. A. (1993). *Estadística multivariante en las ciencias de la vida. Fundamentos, métodos y aplicación*. Ciencia 3. S. L. Madrid, España. 363 pp.
- CASASÚS, I. (1998). *Contribución al estudio de los sistemas de producción de ganado vacuno en zonas de montaña: Efecto de la raza y de la época de parto sobre la ingestión voluntaria de forrajes y los rendimientos en pastoreo*. Tesis Doctoral. Univ. de Zaragoza. 215 pp.
- CASERO, R. F. (2003). "Desarrollo sustentable y agricultura ecológica", en: *II Jornadas Ibéricas de razas autóctonas y sus productos tradicionales del 19-20 de diciembre de 2003*, Consejería de Agricultura y Pesca. Universidad de Sevilla. 25-38.
- CASTEL, J. M., Mena, Y., Delgado-Pertinez, M., Camunez, J., Basulto, J., Caravaca, F., Guzman-Guerrero, J. L. y Alcalde, M. J. (2003). "Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain", *Small Ruminant Research* 47 (2): 133-143.
- CASTELAN-ORTEGA, O. A., Fawcett, R. H., Arriaga-Jordan, C. y Herrero, M. (2003a). "A Decision Support System for smallholder campesino maize-cattle production systems of the Toluca Valley in Central Mexico. Part I: Integrating biological and socio-economic models into a holistic system", *Agricultural Systems* 75 (1): 1-21.
- CASTELAN-ORTEGA, O. A., Fawcett, R. H., Arriaga-Jordan, C. y Herrero, M. (2003b). "A Decision Support System for smallholder campesino maize-cattle production systems of the Toluca Valley in Central Mexico. Part II: Emulating the farming system", *Agricultural Systems* 75 (1): 23-46.
- CASTILLO, E., Conejo, A. J., Pedregal, P., García, R. y Alguacil, N. (2002). *Building and solving mathematical programming models in engineering and science*. New York, USA. 568 pp.

- COLLANTES, F. G. (2004). "La evolución de la actividad agrícola en las áreas de montaña españolas (1860-2000)", *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 201: 79-104.
- CONWAY, G. R. (1990). Agroecosystem: En: Jones, J.G.W. and Street P.R. (Eds.). *Systems Theory Applied to Agriculture and the Food Chain, Applied Science*. 205-233.
- CONWAY, G. R. (1994). "Sustainability in agricultural development: trade-offs between productivity, stability, and equitability", *Journal of Farming System Research-Extension* 4 (2): 1-14.
- CHIGLIONE, R. y Matalón, B. (1989). *Las encuestas sociológicas: teorías y prácticas*. Trillas. México. 146 pp.
- DANTZIG, G. B. y Thapa, M. N. (2003). *Linear Programming 2: theory and extensions*. Springer-Verlag. New York, USA. 448 pp.
- DASH-OPTIMIZATION (2006). *Essentials an introduction to modelling and optimization*. 2Ed. 1-187. Dash Optimization Inc. <http://www.dashoptimization.com>.
- DEFONTAINES, J. P. y Petit, M. (1985). *Comment étudier les exploitations agricoles d'une région? Présentation d'un ensemble méthodologique*. Etudes et Recherches sur les SAD. 4. 47 Lp.
- DENT, J. B. y Blackie, M. J. (1979). *Systems simulation in agriculture*. Applied Science Publishers. London. 180 pp.
- DENT, J. B., Harrison, S. R. y Woodford, K. B. (1986). *Farm planning with lineal programming: Concept and practice*. Butterworths. Sydney. Australia. 209 pp.
- DENT, J. B., McGregor, M. J. y Edwards-Jones, G. (1994). "Integrating livestock and socio-economic systems into complex models. The study of livestock farming systems in a research and development framework", *Proceedings of the Second International Symposium on livestock farming systems, Saragossa, Spain, 11-12 September, 1992*. 1994. Gibon, A. y Flamant, J. C. 25-36.
- DILLON, J. L. (1976). "The economics of systems research". *Agricultural Systems* 1 (1): 5-22.
- DILLON, J. L. (1992). *The farm as a purposeful system. Agricultural Economics and Business Management. 1992*. Dept. of Agricultural Economics. University of New England. Miscellaneous Publications. 27 pp.
- DOLÉDEC, S. y Chessel, D. (1987). "Seasonal Successions and Spatial Variables in Fresh-Water Environments". *Description of a Complete 2-Way*

Layout by Projection of Variables. Acta Oecologica/Oecologia Generalis 8 (3): 403-426.

- ENEVOLDSEN, C., Hindhede, J. y Kristensen, T. (1996). "Dairy herd management types assessed from indicators of health, reproduction, replacement, and milk production", *Journal of Dairy Science* 79 (7): 1221-1236.
- FAWCETT, R. H. (1996). "A Some practical approaches to the design and selection of optimal farming systems using MCDM techniques", *Ciencias Veterinarias Volumen Especial*: 23-30.
- FRANCE, J. y Thornley, J. H. M. (1984). *Mathematical models in agriculture: a quantitative approach to problems in agriculture and related sciences*. Butterworths. London. 355 pp.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, A. (2008). *Dinámica reciente de los sistemas de vacuno en el Pirineo Central y evaluación de sus posibilidades de adaptación al entorno socio-económico*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España. 273 pp.
- GIBON, A. (1981). *Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées Centrales*. Thèse Docteur-Ingénieur. INA. Paris-Grignon. 106 pp.
- GIBON, A., Balent, G., Alard, D., Muntane, J., Raich, Y., Ladet, S., Mottet, A. y Lulien, M. P. (2004). "L'usage de l'espace par les exploitations d'élevage de montagne et la gestion de la biodiversité", *Fourrages* 178: 245-263.
- GIBON, A., Balent, G., Olaizola, A. y Di Pietro, F. (1999c). "Approche des variations communales des dynamiques au moyen d'une typologie: cas du versant nord des Pyrénées Centrales", *Options Méditerranéennes* 27: 15-34.
- GIBON, A., Di Pietro, F. y Theau, J. P. (1999a). "La diversité des structures spatiales des exploitations pyrénéennes", *Options Méditerranéennes* 27: 259-266.
- GIL, J. M., Perdiguero, A. y Ben Kaabia, M. (2003). "Factores de las expectativas de futuro de los ganaderos aragoneses de ovino". *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 198: 151-181.
- GONZÁLEZ, G. A. y Padilla, G. J. L. (1999). "Un esquema conceptual para analizar la validez en las investigaciones mediante encuesta". *SIPIE* 1 (1): 85-98.
- GUISANDE, G. C., Barreiro, F. A., Moneiro, E. I., Riveiro, A. I., Vergara, C. A. R. y Vaamonde, L. A. (2006). *Tratamiento de datos*. Díaz de Santos. España. 356 pp.

- HAIR, J. F. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. y Batista, F. (1999). *Análisis Multivariante*, 5 Ed. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 779 pp.
- HAIR, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. y Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis. International Edition*. 6 Ed. Prentice Hall International. New Jersey. United States of America. 897 pp.
- HALLBERG, B. T. B. (1993). *Formación de Campesinos Investigadores en la Solución de la Crisis. En: Audiencias Públicas Sobre el Problema de la Alimentación en México, "Dr. Salvador Zubiran"*. Comisión de Distribución y Manejo de Bienes de Consumo y Servicios de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. 48-61 pp.
- HAZELL, P. B. R. y Norton, R. D. (1986). *Mathematical Programming for Economic Analysis in agriculture*. Macmillan Publishing Company. New York. 400 pp.
- HERRERO, M. (1997). *Modelling dairy grazing systems: an integrated approach*. PhD Thesis. University of Edinburgh. 282 pp.
- HERRERO, M., Fawcett, R. H. y Dent, J. B. (1999). "Bio-economic evaluation of dairy farm management scenarios using integrated simulation and multiple-criteria models", *Agricultural Systems* 62 (3): 169-188.
- HOLDEN, S. T. (1993). "Peasant household modelling: Farming systems evolution and sustainability in northern Zambia", *Agricultural Economics* 9 (3): 241-267.
- HOWITT, R. (1995). "Positive Mathematics Programming", *American Journal of Agricultural Economics* 77 (2): 329-342.
- HOWITT, R. (2006). *Agricultural and environmental policy models: calibration, estimation and optimization*, California Water Resources Center, University of California. 215 pp.
- HUBERTY, C. J. (1994). "Why Multivariable Analyses", *Educational and Psychological Measurement* 54 (3): 620-627.
- JIMÉNEZ, J. F., Berbel, J. V. y Torrico, M. H. (2001). "Farmers' decision making with conflicting goals: a recursive strategic programming analysis", *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 90: 65-99.
- JANSSEN, S. y van Ittersum, M. K. (2007). "Assessing farm innovations and responses to policies: A review of bio-economic farm models", *Agricultural Systems* 94 (3): 622-636.
- KERSELAERS, E., De Cock, L., Lauwers, L. y Van Huylenbroeck, G. (2007). "Modelling farm-level economic potential for conversion to organic farming", *Agricultural Systems* 94 (3): 671-682.

- LAURENT, C., Maxime, F., Mazé, A. y Tichit, M. (2003). "Multifunctionality of agriculture and farm models", *Economie Rurale* 273/274: 134-152.
- MACDONALD, D., Crabtree, J. R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Gutierrez, L. J. y Gibon, A. (2000). "Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response", *Journal of Environmental Management* 59 (1): 47-69.
- MAINO, M. M., Pittet, J. D., Flores, A. A., Rojas, H. y Binelli, M. (1995). "Farm planning using multiple criteria programming models: an application to subsistence economies in Chile", *Avances en Ciencias Veterinarias* 10 (2): 110-116.
- MANRIQUE, E., Bernués, A. y De Lima, D. (1992a). "Extensification of grazing systems as a method of sustainable agriculture: determining factors and limits", *ITEA Producción Vegetal* Vol. Extra 12: 252-259.
- MANRIQUE, E., Olaizola, A., Bernués, A., Maza, M. T. y Sáez, A. (1999). "Economic diversity of farming systems and possibilities for structural adjustment in mountain livestock farms", *Options Méditerranéennes* 27: 81-94.
- MARTÍNEZ-RAMOS, E. (1984). "Aspectos teóricos del Análisis Cluster y aplicación a la caracterización del electorado de un partido". En: Sánchez-Carrión, J.J. (Ed.), *Introducción a las técnicas de análisis multivariable. Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS)*. Madrid, España. 165-208 pp.
- MASSOT, A. M. (2000). "La Política Agrícola Común frente a la Ronda del Milenio. En defensa de la multifuncionalidad agropecuaria", *Boletín Económico de ICE* (2651): 23-30.
- MASSOT, A. M. (2003). "La reforma de la PAC de 2003 hacia un nuevo modelo de apoyo para las UP agropecuarias", *Revista Española de Estudios Agro-sociales y Pesqueros* 199: 11-60.
- MCCOWN, R. L. (2002). "Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects", *Agricultural Systems* 74 (1): 179-220.
- MCGREGOR, M., Willock, J., Dent, J. B., Deary, I., Sutherland, A., Gibson, G., Morgan, O. y Grieve, B. (1996). "Links between psychological factors and farmer decision making", *Farm Management* 9 (5): 228-239.
- NIÑO DE ZEPEDA, A., Maino, M. M., di Silvestri, F. y Berdegué, J. (1994). "Análisis del conflicto productividad vs. sustentabilidad ambiental: Un enfoque de programación multicriterio", *Investigación Agropecuaria Económica* 9: 143-155.

- OLAIZOLA, A. (1991). *Viabilidad económica de sistemas ganaderos de montaña en condiciones de competencia en el uso de factores productivos, Análisis de la ganadería en un Valle Pirenaico característico mediante técnicas multivariantes y de optimización*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 437 pp.
- OLAIZOLA, A. y Gibon, A. (1997). "Bases teóricas y metodológicas para el estudio de las UP ganaderas y sus relaciones con el espacio. La orientación de la escuela francesa de sistemistas", *ITEA 93* (1): 17-39.
- OLSSON, E. G. A., Austrheim, G. y Grenne, S. N. (2000). "Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid Norway 1960-1993", *Landscape Ecology* 15 (2): 155-170.
- ORIADE, C. y Dillon, C. R. (1997). "Developments in biophysical and bioeconomic simulation of agricultural systems: a review", *Agricultural Economics* 17 (1): 45-58.
- ORTUÑO, S. y Zamora, R. (2001). "Las áreas de montaña y los nuevos modelos de desarrollo rural", *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 191: 41-60.
- OSTY, P. L. (1978). "L'exploitation agricole vue comme un système: diffusion de l'innovation et contribution au développement", *B.T.I.* 326: 43-49.
- OSTY, P. L. (1987). "Un essai pour décrire des élevages en termes de système technique" *Etudes et Recherches du SAD* 11: 17-25.
- PACINI, C., Giesen, G., Wossink, A., Omodei-Zorini, L. y Huirne, R. (2004). "The EU's Agenda 2000 reform and the sustainability of organic farming in Tuscany: ecological-economic modelling at field and farm level", *Agricultural Systems* 80 (2): 171-197.
- PADUA, J. (1999). *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 360 pp.
- PÉREZ, C. L. (2005). *Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos*. Prentice Hall. Madrid, España. 802 pp.
- PFLIMLIN, A. y Journet, M. (1983). "Productivity and grazing management of grass/white clover mixtures". *Fourrages* 95: 171-187.
- PIECH, B. y Rehman, T. (1993). "Application of multiple criteria decision making methods to farm planning: a case study", *Agricultural Systems* 41 (3): 305-319.
- RAMÍREZ, E., Berdegue, J. A., Cazanga, R. y Mora, L. (1992). "El mejoramiento de sistemas productivos campesinos: aplicación de programación multiobjetivo", *Investigación Agropecuaria: Economía* 7 (1): 147-159.

- REVILLA, R. (1987). *Las zonas de montaña y su entorno económico. Análisis estructural y bases técnicas para la planificación de la ganadería en los altos valles del Sobrarbe (Pirineo Oscense)*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 550 pp.
- RODRÍGUEZ, O. A., Berbel, V. J. y Ruíz, A. P. (1998). *Metodología para el análisis de la toma de decisiones de los agricultores*, MAPA, INIA. Madrid, España. 101. 157 pp.
- ROMERO, C. y Rehman, T. (1984). "Planificación agropecuaria en contexto de metas múltiples: un análisis expositivo", *Agricultura y Sociedad*. 33: 87-122.
- ROMERO, C. y Rehman, T. (1989). *Multicriteria analysis for agricultural decisions*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. 255 pp.
- ROUNTREE, J. H. (1977). "Systems thinking-some fundamental aspects", *Agricultural Systems* 2 (4): 247-254.
- RUBEN, R., Moll, H. y Kuyvenhoven, A. (1998). "Integrating agricultural research and policy analysis: analytical framework and policy applications for bio-economic modeling", *Agricultural Systems* 58 (3): 331-349.
- RUBEN, R. y Pender, J. (2004). "Rural diversity and heterogeneity in less-favoured areas: the quest for policy targeting", *Food Policy* 29 (4): 303-320.
- RUEDA, G. M. M., Artés, R. E. M. y Arcos, C. A. (1999). "Aportaciones al muestreo sucesivo", *SIPIE*. 1 (1): 19-28.
- RUIZ, R. y Oregui, L. (2001). "El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal: revisión bibliográfica", *Invest. Agr: Prod. Sanid. Anim.* 16 (1): 29-61.
- SALVADOR, F. M. (2004). *Análisis de conglomerados o cluster, [en línea] 5campus.com, Estadística*. <http://www.5campus.com/leccion/aed>. [16 de agosto de 2007]. 1-27. 2004.
- SALVADOR, F. M. y Gargallo, P. (2003). *Análisis exploratorio de datos, [en línea] 5campus.com, Estadística*. <http://www.5campus.com/leccion/aed>. [16 de agosto de 2007]. 1-68. 2004.
- SAGARPA. (2012). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México*. Coordinación General de Ganadería. [<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. 25 de junio de 2012].
- SÁNCHEZ, E. V., Arriaga, C. J. y Espinoza, O. A. (1997). "Innovación Tecnológica y Desarrollo Participativo: Reflexiones Sobre el Caso de Praderas Cultivadas en Sistemas Campesinos de Producción de Leche en el Valle de Tolu-

- ca en el Estado de México”, en: *Seminario Nacional. “Nuevos Paradigmas y Enfoques de la Investigación Rural”* Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias. Univ. Autónoma del Estado de México. 16-27.
- SANZ, A., Casasús, I., Villalba, D. y Revilla, R. (2003b). “Effects of suckling frequency and breed on productive performance, follicular dynamics and postpartum interval in beef cows”, *Animal Reproduction Science* 79 (1-2): 57-69.
- SARABIA, Á. A. (1995). *La Teoría General de Sistemas*. Gráficas Marte. Madrid, España. 171 pp.
- SAS (1994). *SAS/STAT User's guide*. Vol. 1. 890 pp.
- SERRANO, E. M., Bernués, A., Giráldez, F. J., Lavín, M. P. G. y Mantecón, A. M. (2003). “Tipología de UP de vacuno de la Montaña de León”, *ITEA. Producción Animal* Vol. Extra (24): 785-787.
- SERRANO, E. M., Lavín, M. P. G. y Ruiz, A. M. (1998). “Costo de producción en carne rosada y de ternera”, en: Buxadé, C. (Ed.) *Vacuno de Carne: Aspectos Claves*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 557-569.
- SERRANO, E. M., Lavín, M. P. G. y Ruiz, A. M. (2002). *Caracterización de los sistemas de producción de ganado vacuno de carne de la montaña de León*. Investigación, Desarrollo e Innovación. Valles del Elsa, S.A.-CSIC. Sahelices de Sabero. León, España. 231 pp.
- SERRANO, E. M. y Ruiz, A. M. (2003). “Bases para un desarrollo ganadero sostenible: la consideración de la producción animal desde una perspectiva sistémica y el estudio de la diversidad de las UP”, *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 199: 159-191.
- SOLANO, C., Bernués, A., Rojas, F., Joaquín, N., Fernández, W. y Herrero, M. (2000). “Relationships between management intensity and structural and social variables in dairy and dual-purpose systems in Santa Cruz, Bolivia”, *Agricultural Systems* 65 (3): 159-177.
- SORENSEN, J. T. y Kristensen, E. S. (1994). “Computer models, research, and livestock farming systems”, en: Gibon, A. y Flamant, J.C. (Eds.). *The study of livestock farming systems in a research and development framework*, EAAP 63: 391-398.
- SULPICE, P., Bugnard, F. y Calavas, D. (1994). “Databases save time and improve the quality of the design, management and processing of eco-pathological surveys”, *Veterinary Research* 25 (2/3): 120-126.
- TEN BERGE, H. F. M., van Ittersum, M. K., Rossing, W. A. H., van de Ven, G. W. J. y Schans, J. (2000). “Farming options for The Netherlands explored

- by multi-objective modelling". *European Journal of Agronomy* 13 (2): 263-277.
- TERUEL, A. D. (1998). Actividad agropecuaria y sistemas de producción de rumiantes en la Comunidad de Jacetania (Huesca). *Análisis Mediante programación multicriterio*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 574 pp.
- THEAU, J. P. y Gibon, A. (1993). "Mise au point d'une méthode pour le diagnostic des systèmes fourragers. Application aux élevages bovin-viande du Couserans", en: Landais, E. (Ed.) *Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer. Études et recherches sur les SAD* 27, 323-351.
- THOMSON, P. B. y Nardone, A. (1999). "Sustainable livestock production: methodological and ethical challenges", *Livestock Production Science* 61 (2-3): 111-119.
- TIREL, J. C. (1991). "L' extensification: chance on défi pour les exploitations agricoles". *INRA. Productions Animales* 4 (1): 5-12.
- UNCSD (1997). *Secretary General's Report on Chapter 1*, February 1997. United Nations Commission on Sustainable Development. Disponible en Web: www.mtnforum.org/mtnforum/resources/uncsdfeb.htm. Septiembre de 2007.
- VAN DER PLOEG, J. D. (1996). "Bottom-Up pressures on intensive livestock systems", en: Dent J.B., McGregor M.J. y Sibbald A.R. (Eds.). *Livestock Farming Systems: Research, Development, Socio-Economics and the land manager*. Wageningen Pers. Wageningen, Holanda. EAAP 79: 37-49.
- VAN DYNE, G. M. y Abramsky, Z. (1975). "Agricultural systems and modeling: an overview", en: Dalton, G.E. (Ed.). *Study of agricultural systems*. Applied Science Publishers. London. 23-106.
- VICENS, O. J. (1996). "Técnicas de análisis multivariante. Clasificación, descripción y disponibilidad en SPSS", en: Klein L. R. (Ed.). *Estudios de mercado de la empresa española*. Instituto de Predicción Económica 1-17.
- VILEZ, E. D. (2001). *Estadística básica para universitarios*. EUNSA. Navarra. 451 pp.
- VISAUTA, B. y Martori, J. C. (2003). *Análisis Estadístico con SPSS para Windows*. Estadística Multivariante. 2 Ed. McGraw-Hill II. 345 pp.
- WALLACE, M. T. y Moss, J. E. (2002). "Farmer decision-making with conflicting goals: a recursive strategic programming analysis", *Journal of Agricultural Economics* 53 (1): 82-100.

- White, H. (1982). "Maximum-likelihood estimation of mis-specified models", *Econometrica* 50 (1): 1-25.
- WILLIAM, F. (1993). *Constructing questions for interviews and questionnaires: theory and practice in social research*. Cambridge University Press. 228 pp.
- WOSSINK, G. A. A., de Koeijer, T. J. y Renkema, J. A. (1992). "Environmental-economic policy assessment: A farm economic approach", *Agricultural Systems* 39 (4): 421-438.
- YIN, R. K. (1994). *Case study research. Design and methods*. Sage publications. 171 pp.
- ZANDER, P. y Kachele, H. (1999). "Modelling multiple objectives of land use for sustainable development", *Agricultural Systems* 59 (3): 311-325.



Parte II

Metodologías y aplicaciones productivas
en ganadería



USO DE BLOQUES NUTRICIONALES COMO COMPLEMENTO PARA OVINOS EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

PAULINA VÁZQUEZ-MENDOZA,^a ANASTACIO GARCÍA-MARTÍNEZ,^a
JUVENCIO HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ,^a OCTAVIO ALONSO CASTELÁN-ORTEGA,^b
JULIETA GERTRUDIS FLORES-ESTRADA,^c FRANCISCA AVILÉS-NOVA^{a*}

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo de ovinos complementados con bloques nutricionales (BN) en confinamiento y pastoreo a través de las variables: ganancia diaria de peso (GDP), consumo de bloque nutricional (CBN), consumo dieta base (CDB) consumo total (CT), digestibilidad aparente de bloques nutricionales (DABN), digestibilidad aparente de dieta base (DADB). El trabajo en confinamiento Exp. 1 (Experimento 1) se realizó de abril –junio de 2009 y el trabajo en pastoreo Exp. 2 (Experimento 2) de julio-septiembre de 2009. En el Exp. 1 se utilizaron 15 ovinos F1 (Pelibuey X Dorper) con peso vivo de 17±3 kg, los tratamientos fueron: T1: Dieta base+BN1 con *L. leucocephala*, T2: Dieta base+BN2 con salvado de trigo y T3: Dieta base (Testigo). En el Exp. 2 (experimento 2) se utilizaron 15 ovinos F1 (Pelibuey XDorper) de 26±3 kg los cuales pastorearon pastizales nativos continuamente. Los tratamientos fueron: T1: Pastoreo+BN1 con *L. leucocephala*, T2: Pastoreo+BN2 con salvado y T3: (Testigo) Pastoreo. En ambos experimentos los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar. En el Exp. 1, se encontraron diferencias en la GDP ($P<0.05$), T1 y T2 presentaron la mayor ganancia 92 y 102 g día⁻¹ ($P<0.05$) respectivamente, T3 presentó menor ganancia 64

^a Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México; Km 67.5 Carr. Fed. Toluca-Tejupilco, 51300, Temascaltepec, México, MÉXICO. ^b Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; El Cerrillo, Piedras Blancas, México, MÉXICO. ^c Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México; Piedras Blancas, México, MÉXICO. *Autor para correspondencia.

g día⁻¹ (P<0.05), el CBN fue mayor (P<0.05) en BN1 135 g animal⁻¹día. En el Exp. 2. T1 presentó mayor CBN 133 g⁻¹ día (P<0.05), y T2 mayor GDP 68 g⁻¹día, y la mayor DABN la presentó BN2 con 832 g⁻¹kg MS (P<0.05). Se concluye que la complementación con bloques nutricionales a ovinos en confinamiento y bajo pastoreo mejoró el comportamiento productivo. Y los ovinos en pastoreo presentaron el mejor comportamiento productivo cuando se complementaron con BN2.

Palabras clave: Bloques nutricionales; ovinos; complementación; comportamiento productivo, Altiplano Central de México.

INTRODUCCIÓN

En el trópico de México la alimentación de los ovinos se basa fundamentalmente en el consumo de gramíneas introducidas o nativas y en el uso de residuos de cultivos agrícolas como rastrojo de maíz (Ben Salem y Nefzaoui, 2003), estos forrajes generalmente presentan crecimiento estacional y en consecuencia la producción ovina depende de su disponibilidad y valor nutritivo. En el trópico seco del Altiplano Central de México, los pastizales nativos están compuestos principalmente por gramíneas de *Paspalum* sp y *Axonopus* pp. y son la principal fuente de alimentación de los ovinos bajo pastoreo en la temporada de lluvias debido a su mayor producción y valor nutricional, sin embargo, existen variaciones de estos a través de la temporada de lluvias obteniendo los ovinos bajas ganancias o pérdida de peso, Avilés-Nova *et al.* (2008) reportaron en ovinos en crecimiento ganancia de peso de 40 a 60 g día⁻¹ bajo pastoreo continuo en la temporada de lluvias en pastizales nativos de *Paspalum notatum* y *Axonopus compressus*, ganancias diarias de peso que se retarda el proceso de finalización de los ovinos para su venta.

Durante la época de secas estos pastizales no presentan producción de forraje lo cual limita su uso debido a su baja disponibilidad de materia seca, digestibilidad y proteína cruda del forraje y en consecuencia disminuye el consumo de materia seca (Orskov, 2005; López-González *et al.*, 2010) afectando el comportamiento productivo de los ovinos obteniéndose bajas ganancias o pérdida de peso siendo necesario mantenerlos ovinos en confinamiento donde reciben alimento elaborado utilizando rastrojo de maíz molido y granos, incrementando los costos de alimentación. Por lo anterior se requiere implementar estrategias de alimentación para mejorar su comportamiento productivo en ambas épocas, utilizando recursos disponibles en la zona como subproductos de la industria harinera como el salvado de

trigo o el follaje de arbóreas. García, *et al.* (1996) reportan que en México *Leucaena leucocephala* es un recurso forrajero de alto valor nutricional.

En el trópico de México, existe amplia diversidad de recursos arbóreos forrajeros leguminosos nativos con contenidos de proteína cruda entre 14 y 18% (Meléndez *et al.* 2000). *L. leucocephala* es importante por su disponibilidad proporciona forraje y/o fruto en diferentes épocas (García y Medina, 2006). En la zona de estudio son consumidas como verdura por la gente, las vainas, flores y rebrotes de *L. leucocephala* sin embargo, son poco utilizados en la alimentación del ganado aun cuando están disponibles y puede servir como alimento de alto valor nutricional, especialmente durante el periodo de estiaje. Una estrategia de alimentación que podría mejorar la eficiencia de producción de los ovinos al compensar las variaciones en la producción de materia seca y nutrientes en la época de lluvias y apoyar la escasez de forraje en la época de secas es mediante el uso del follaje de *L. leucocephala* y subproductos de molienda como el salvado de trigo, mediante la inclusión en bloques nutricionales como complemento en la alimentación de los ovinos, cuyo consumo limitado garantiza aporte constante de energía y proteína rápidamente degradables, minerales y nitrógeno no proteico (NNP) que acelera la eficiencia microbiana, mejorando el consumo voluntario de forraje, Gasmi-Boubaker *et al.*, (2006) señalaron que la utilización de bloques nutricionales como suplemento a cabritos mejora la eficiencia de utilización de arbustivas en pastizales, y además pueden ser elaborados artesanalmente en las unidades de producción (Ben Salem y Nefzaoui, 2003; Birbe, 1998). Siendo necesario realizar pruebas de alimentación con el uso de éstos recursos y disminuyan el costo de la ración (Tobía, 1996; Andrade, 2006; Ramírez, 2009). El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo de ovinos en confinamiento y pastoreo complementados con bloques nutricionales (BN) en la región Sur del trópico seco del Altiplano Central de México.

PRODUCCIÓN DE OVINOS EN CONFINAMIENTO

Factores que afectan la respuesta productiva de ovinos en confinamiento

Existen diversos factores que tiene un efecto significativo en la respuesta productiva de los rumiantes, ya sea en pastoreo o en confinamiento, una alternativa de producción al pastoreo, que ha demostrado ser viable es en

sistemas intensivos, sin embargo aunque en estos sistemas esta controlada la alimentación, intervienen factores internos y externos.

Factores internos

Raza

La productividad y el peso final que alcanza un animal dentro una determinada raza o cruzamiento, esta correlacionado con su velocidad de crecimiento y producción (Arbiza y De Lucas, 1996). La heterosis o crecimiento también aumenta generalmente la tasa de producción de rumiantes en confinamiento.

Estado fisiológico

Es muy importante tener en cuenta el estado fisiológico, como ceba, gestación o crecimiento en el cual si tras un periodo de subalimentación, los animales reciben *ad libitum* alimentos de alta calidad, los aumentos de peso son mayores que en animales no sometidos a restricción alimenticia (Mac Donald *et al*, 1993).

Sexo

La influencia del sexo es importante en la producción. Las hembras en general crecen a menor velocidad que los machos, las diferencias sexuales en crecimiento y producción son el resultado del efecto de las hormonas sexuales que se liberan por las gónadas El efecto del sexo sobre el peso al nacer y al destete de los corderos ha sido estudiado por varios autores, quienes señalan que los corderos machos generalmente superan a las hembras (Arbiza y De Lucas, 1996).

Alimentación

La alimentación representa el componente más importante en los costos de producción y es determinante en el comportamiento productivo de los animales en un corral de engorda. En la alimentación es importante considerar tipo de dietas, calidad y precio de las dietas así como de los ingredientes que la conforman. También es importante manejar el arte de alimentar a los animales, considerando puntos importantes como la presentación de la dieta, tamaño de partículas de ingredientes, frecuencia y rutina de alimentación.

De todos los factores que afectan la producción, sin duda los nutricionales son los que ocupan el papel principal. La producción está en función de los niveles de alimentación del animal y la eficiencia con que este convierte este alimento en peso vivo. Los distintos grados de conversión del alimento ingerido en peso vivo, afectan sin duda la velocidad de crecimiento. La

importancia de este parámetro es obvia, pues de él depende gran parte la eficiencia económica y ecológica del sistema (Arbiza y De Lucas, 1996).

Factores externos

El medio ambiente afecta a los animales directa e indirectamente. En forma directa, la temperatura ambiental efectiva actúa sobre los mecanismos fisiológicos de termorregulación corporal. En forma indirecta, a través del desarrollo de la vegetación como alimento y de otros organismos, como competidoras de las plantas y del animal mismo. La temperatura del aire es el principal factor ambiental que afecta al organismo animal, sin embargo otros factores, como el movimiento, humedad del aire y la radiación solar, pueden modificar sus efectos. La temperatura crítica alta es la que se registra en zonas cálidas, donde el animal gasta energía para bajar su temperatura, y como resultado de esto, genera más calor, que es necesario eliminar. Así se crea una situación de estrés calórico que es detrimental para la producción.

PRODUCCIÓN DE OVINOS EN PASTOREO

Los ovinos muestran una gran adaptación a diversidad de ambientes y condiciones de producción. Independientemente de esta diversidad, esta variación tiene como punto en común que en todas esas situaciones la producción ovina se realiza, en sistemas de tipo extensivo su alimentación depende principalmente del pastoreo de la vegetación presente en los agostaderos, así como esquilmos de cultivos de riego y de temporal los cuales constituyen el recurso más importante para su alimentación La complementación alimenticia es escasa o nula y se basa primordialmente en uso de rastrojos y pajas (Medrano, 2000).

Estos sistemas de producción con ovinos en pastoreo están pasando un desafío importante que implica una revisión de los sistemas más tradicionales, en sus aspectos productivos (Araujo *et al.*, 2002).

Un aprovechamiento eficiente de los pastos, como fuente barata de alimentación para los animales, en las regiones tropicales de México debe ser considerado como una necesidad inmediata. Un manejo eficiente de los forrajes tropicales no únicamente contempla obtener altas producciones por animal o por hectárea a mínimos costos, sino que debe considerar otros aspectos como son: conservación de los recursos suelo, agua, planta y el desarrollo de sistemas que sean sostenibles (Meléndez *et al.*, 2000).

Factores que afectan el consumo de forraje bajo pastoreo

Tamaño corporal

Si la capacidad física del tracto digestivo no es un factor limitante, el máximo nivel de consumo se manifestara por efecto de los requerimientos energéticos del animal. La demanda de energía es proporcional al tamaño corporal, o peso metabólico. De esta forma las necesidades de energía por unidad de peso de animales pequeños son mayores que para animales de talla grande reflejándose en una selección más eficiente de la dieta por los primeros (Allison, 1985).

Estado Fisiológico

Durante las fases de crecimiento y los ciclos reproductivos se presentan cambios importantes en los requerimientos de los animales en pastoreo. Las etapas de preñez y lactancia representan un considerable incremento en la demanda de energía; sin embargo, tiene diferentes efectos en el consumo voluntario de forraje, ya que en un animal gestante se encuentra físicamente con menor capacidad digestiva a consecuencia del crecimiento uterino y la compresión del rumen (Chávez, 1990).

Con relación a lo anterior Allison (1985), reportó diferencias significativas en el promedio de consumo de materia seca entre vacas lactando, preñadas y secas; el consumo de animales lactando fue mayor para vacas preñadas o secas y las vacas preñadas consumieron más que las vacas secas; también señalo que los animales jóvenes son más selectivos, prefieren forrajes con mayores niveles de proteína cruda y menores que de fibra y celulosa al compararlos con vacas adultas.

Condición Corporal

El consumo está relacionado con la condición corporal al igual que al tamaño corporal. Sin embargo, es un índice pobre de la demanda energética y por lo tanto del consumo, cuando diferencias en productividad están presentes. Se ha señalado que animales delgados comen más que animales gordos, esto también se relaciona al consumo y crecimiento compensatorio, es decir, animales que pastorean por un periodo de subnutrición comen más por unidad de peso vivo, que animales que estuvieron bien alimentados previamente (Allison, 1985).

Complementación

Las razones para llevar a cabo la complementación incluyen: incremento en las ganancias, un uso adecuado de la pradera para compensar las deficiencias de nutrientes en agostaderos y para sostener la condición del

animal, y una adecuada producción cuando hay limitaciones de forraje. La necesidad de complementar puede determinarse por observación directa de los animales en el agostadero, análisis de laboratorio de los animales y forraje, y a través de pruebas de alimentación. Los siguientes factores influyen en la necesidad de llevar a cabo la complementación: cantidad, calidad y composición de los componentes vegetales del agostadero, estado fisiológico y condición de los animales, tolerancia al clima y duración del periodo de estrés (Ramírez, 2009).

Es muy importante el efecto que tiene el tipo de complementación sobre el consumo voluntario de forraje; contrariamente, la suplantación proteica favorece la actividad microbiana ruminal, incrementando la digestibilidad y la velocidad de pasaje de la digesta y por ende el consumo. Kawas (1995) señala la importancia de la complementación mineral en los rumiantes en pastoreo, al mencionar que la deficiencia de nitrógeno, azufre, fósforo, magnesio, sodio, cobalto y selenio reducen el consumo voluntario de forraje al inhibir la digestión de materia orgánica.

La complementación a ovinos en pastoreo con bloques nutricionales mejora la calidad nutricional de dietas a base de forraje de mala calidad por la incorporación de nutrientes deficientes, elevando así la producción y la productividad del ganado que lo consume (Preston y Leng, 1984).

Preferencia

La preferencia esta determinada por el conjunto de características de la planta que estimulan al animal a consumirla; así la preferencia es la respuesta animal a la apetitividad de la planta. La selectividad del forraje, por otro lado, es la medida de lo que el animal ingiere relativo a lo disponible. Los pastizales y las praderas raramente son uniformes y la diversidad provee a los rumiantes la oportunidad seleccionar su dieta. Así Allison (1985) citó que en cinco de once pastos su consumo fue influenciado por su sabor, olor o textura es decir existió estimulación sensorial. Con respecto a la heterogeneidad de los forrajes Minson (1990), señala cuatro aspectos: preferencia entre hojas y tallos, forraje verde contra maduro, diferencia entre especies y el grado de contaminación del forraje. Son claras las evidencias de que las hojas son consumidas en mayor cantidad que los tallos, debido a que contienen menores niveles de fibra detergente neutro, ácido y lignina y por ende presentan menor resistencia al corte y masticación, esto se acentúan en las praderas de patos tropicales. También señala que la mayoría de las praderas contienen pasto verde y material muerto, particularmente al final de la época de pastoreo y este material es generalmente rechazado por los animales.

Condiciones Ambientales

Los cambios en el ambiente influyen en el comportamiento, función y productividad de los animales mediante un proceso complejo, que involucra tres aspectos: consumo voluntario de alimento y agua, valor nutritivo de alimento consumido y requerimientos de energía para mantenimientos del animal. Así las condiciones ambientales afectan directa e indirectamente el nivel del consumo voluntario del alimento y la utilización de la energía metabolizable consumida. Principalmente la temperatura y la intensidad de luz modifican la velocidad de madurez de los forrajes y su contenido de paredes celulares, y por ende, el consumo por rumiantes en pastoreo (Allison, 1985).

IMPORTANCIA DE LA COMPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA Y PROTEICA EN OVINOS

La complementación es una alternativa disponible para el productor necesaria para corregir las deficiencias que presentan las dietas con residuos agrícolas en su forma natural, o que hayan recibido algún tipo de tratamiento. Un complemento es un alimento o mezcla de estos que se utiliza junto con otro para mejorar el equilibrio nutritivo o el rendimiento total. Según Bermúdez (1989), los complementos para forrajes de baja calidad deben reunir una o más de las siguientes características:

- a) La fuente de nitrógeno proporcionada (orgánica o inorgánica) debe liberar amoníaco a nivel ruminal para que los microorganismos ruminales puedan llevar a cabo la síntesis microbiana.
- b) La fuente de nitrógeno utilizada puede permitir que parte del mismo escape a la fermentación ruminal y llegue directamente al tracto digestivo bajo para su absorción.
- c) El complemento debe aportar energía para el adecuado crecimiento de los microorganismos ruminales para el animal hospedero.
- d) El complemento debe contener macrominerales, minerales traza y vitaminas.

En la medida que el complemento cumpla con alguno o todos los puntos establecidos anteriormente, podremos observar un mayor consumo de los esquilmos por parte del animal. Aunque también debe analizarse que un complemento completo es de costo elevado, por lo cual en ocasiones no es accesible para el productor.

El uso de forraje proveniente de árboles y arbustos forrajeros en la alimentación de rumiantes que consumen pajas de baja calidad nutritiva puede ser una buena alternativa para los rumiantes en sistemas de alimentación extensivos. Tal planteamiento se origina por el hecho de que el forraje de árboles y arbustos puede ser una adecuada fuente de nutrientes para rumiantes que pastorean o ramonean cuando hierbas y zacates se encuentran en dormancia, pero la producción de esquilmos agrícolas es grande (Ramírez, 2005).

El uso de urea como fuente de NNP, melazas, pastas de oleaginosas y salvados o residuos de cereales, como fuente de energía y proteína ofrece buenos resultados. Con el uso de esas materias primas es posible mejorar los productos finales de la fermentación para satisfacer los requerimientos de los microorganismos ruminales, a fin de garantizar una mejor utilización de las fibras que se encuentran en los forrajes (Preston, 1987). Sansoucy (1986), encontró que la asociación melaza-urea y su distribución en cantidades limitadas es un buen complemento de los alimentos fibrosos debido a que la melaza tiene una alta concentración de azúcares principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, además de ser un excelente vehículo para la urea.

Alimentos utilizados en la complementación Formulación de bloques nutricionales

Los bloques nutricionales constituyen una tecnología para la fabricación de alimentos sólidos y que contienen principalmente una alta concentración de energía, proteína y minerales. Son elaborados utilizando urea, melaza y un agente solidificante. En forma adicional, pueden incluirse minerales, sal y una harina que proporcione energía. Generalmente el uso de los bloques ha sido como una forma de alimentación estratégica durante la época seca ya que son resistentes a la intemperie y es consumido paulatinamente.

Los bloques se pueden elaborar con gran variedad de ingredientes dependiendo de la oferta de la granja, o de la facilidad para adquirirlos (Araujo-Febres, 2005).

Este complemento se puede preparar con materias primas disponibles en la región, de ahí la importancia de la utilización de árboles leguminosos en la elaboración de los bloques, esto garantiza su elaboración permanente a bajo costo, al compararlo con otros suplementos comerciales (Tobía, 1996).

Una alternativa es emplear leguminosas forrajeras tropicales, las cuales se encuentran en una gran diversidad y abundancia en regiones tropi-

cales del mundo, y especialmente en las de México. La gran mayoría de las plantas de la familia de las leguminosas tienen la característica de presentar contenidos de proteína, mucho más elevados que las gramíneas que se desarrollan en la región tropical, con rangos que pueden variar entre un 14 y 30% (Meléndez *et al.*, 2000).

Es importante considerar que la composición química de una leguminosa forrajera puede variar dependiendo de la época del año, fertilidad del suelo, partes de la planta, edad de rebrote, variedad de especies, entre otras. La degradación ruminal de la proteína del follaje de estas leguminosas generalmente resulta en la liberación lenta de nitrógeno, lo cual permite una fermentación más eficiente de las fracciones fibrosas de la ración. El follaje provee de nitrógeno amoniacal además de pépticos, aminoácidos y azufre, los cuales estimulan el crecimiento de la población de microorganismos a nivel de rumen (Meléndez *et al.*, 2000).

BLOQUE NUTRICIONAL COMO COMPLEMENTO PARA RUMIANTES

El bloque nutricional es un complemento para rumiantes en forma sólida y compacta, además por sus características físicas facilita su manejo. La complementación con bloques nutricionales es una de las estrategias que se viene utilizando en rumiantes en condiciones críticas de pastoreo o estabulación, permitiendo utilizar productos locales en una estructura sólida de consumo limitado, que garantiza un aporte constante de nitrógeno no proteico y minerales a los rumiantes, mejorando el consumo voluntario de forraje y además pueden ser elaborados artesanalmente en las unidades de producción a bajo costo (Ortiz y Baumier, 1994; Birbe, 1998).

Los alimentos fibrosos, ya sean pastos o residuos de cosecha son insuficientes para satisfacer los requerimientos de mantenimiento y de producción, debido a esto los animales pierden condición corporal. El bloque nutricional utilizado como complemento en este tipo de explotación permite mantener en buenas condiciones a los animales que lo consumen. Generalmente este tipo de complementación se ha utilizado durante la sequía mejorando la ganancia de peso vivo o reduciendo las pérdidas de peso. Sin embargo, el bloque nutricional no solo se utiliza para los periodos de restricción de forraje, sino también para proporcionar elementos nutritivos indispensables a bajo costo, mejorando así la eficiencia de utilización de forrajes nativos durante los periodos de relativa abundancia (Flores, 1996).

Factores que afectan el consumo del bloque

Se han determinado diferentes factores que afectan el consumo animal del bloque nutricional en condiciones de pastoreo. Que bien pueden ser ajenos al bloque nutricional como lo es el factor animal en el cual se encuentra la especie, conducta, etapa fisiológica, raza, condición corporal y algunos ambientales como humedad relativa, temperatura, viento, época del año, calidad de la dieta base y las diferentes fuentes de agua. O los que están directamente relacionados con el bloque como son, porcentaje de humedad, tipo y nivel de aglomerante, nivel de compactación, tamaño del bloque, forma del bloque, palatabilidad del bloque (Birbe *et al.*, 2006).

El consumo de bloque nutricional depende de muchos factores, entre los que se puede mencionar, la dureza del bloque, calidad y disponibilidad del alimento base (forraje), tiempo de exposición de los bloques nutricionales a los animales, el nivel de urea utilizado, el tipo de aglomerante y el estado fisiológico de los animales. (Fernández *et al.*, 1997).

Otros factores que afectan el consumo de forraje son: época del año, calidad del forraje, entre otros. Entre los ambientales la humedad relativa, temperatura y radiación afectan al animal disminuyendo el consumo y también al bloque modificando la resistencia. Los factores del bloque como tal que inciden en la resistencia y el consumo pueden ser controlados por el hombre (Birbe, 1998).

Consumo del bloque nutricional

El consumo del bloque está influenciado por la actividad ingestiva del forraje, obteniéndose los mayores picos de ingestión de materia seca, después de los picos máximos de ingestión de forraje, por lo que se sugiere que el bloque debe de estar disponible a lo largo de todo el día.

Efecto del bloque en la ganancia diaria de peso

El consumo de alimentos y la absorción de nutrientes en animales alimentados con pasturas maduras o residuos fibrosos de cosechas son insuficientes para satisfacer los requerimientos de mantenimiento y los animales pierden peso si no reciben complementos a base de nitrógeno y minerales (Sansoucy, 1987). Los bloques nutricionales utilizados como complemento en este tipo de dieta permiten mantener en buenas condiciones a los animales que lo consumen. Generalmente este tipo de complementos se ha utilizado durante la sequía mejorando significativamente la ganancia de

peso vivo o en su caso reduciendo las pérdidas de peso. Estrada (2001), menciona que no solo se utiliza para la restricción de forraje sino también para aportar los nutrientes indispensables en los periodos de abundancia de pasturas nativas.

Efecto del bloque en el consumo de forraje

Gran variedad de factores en las diferentes etapas de elaboración y uso del bloque nutricional, modifican su estructura, y como consecuencia el consumo en diferentes especies de rumiantes en pastoreo, provocando que sea muy variable e irregular. Con cierta capacitación y practica los factores como: elaboración, humedad, densidad, compactación, resistencia y manejo animal pueden ser controlados por el hombre; mientras que otro factor como el ambiental, hay que manejarlo con los ajustes necesarios, analizando cada variable involucrada en todas las etapas del proceso de elaboración y almacenamiento del bloque nutricional, en el forraje y en el animal (Birbe, 2006).

Un trabajo reportado por Dean *et al.* (2002) menciona que cuando se suministran forrajes de muy baja calidad, el uso de bloques nutricionales con inclusión de harina de carne, no incrementó significativamente el consumo de pasto ni la degradabilidad de los mismos, ya que el alto grado de lignificación disminuyó en forma irreversible la digestibilidad de los componentes de la pared celular. El trabajo se desarrollo en dos experimentos.

Material y método: Experimento 1

Área de estudio

Se realizó durante los meses de abril-junio de 2009 en la región Sur del trópico seco del Altiplano Central de México, en unidad de producción ovina en la comunidad de Carnicería Temascaltepec en el Sur del Estado de México, ubicado a 100°02' longitud oeste, 19°03' latitud norte, precipitación anual de 800-1600 mm, altitud de 1740 msnm (Palacios, 2005).

El periodo experimental comprendió dos semanas de adaptación a los tratamientos y ocho semanas de experimentación durante los meses de abril-junio de 2009.

Animales y manejo

Se utilizaron quince ovinos F1 (cruza de Pelibuey X Dorper) con peso vivo de 17 ± 3 kg y 3 ± 0.3 meses de edad, distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos (cinco ovinos por tratamiento), alojados en corraletas individuales (1.20 X 0.80m) donde se les proporciono dieta base, agua y bloque nutricional a libre acceso.

Los ovinos tuvieron dos semanas de adaptación a los tratamientos y ocho semanas experimentales, al inicio del periodo experimental se desparasitaron con Closantil (5 mg kg^{-1} PV).

Tratamientos

Los tratamientos fueron: T1= Dieta base + bloque nutricional con *L. leucocephala* (DB+BN1), T2= Dieta base + bloque nutricional con Salvado de trigo (DB+BN2), y T3= Dieta base (DB) y el tratamiento Testigo.

La dieta base (DB) tuvo un aporte de proteína cruda (PC) de 130 g kg^{-1} MS y 10.4 MJ kg^{-1} MS de energía metabolizable (EM) y consistió de 30% de salvado de trigo, 35% de rastrojo de maíz, 29% de maíz molido, 5% de soya y 1% de mezcla minera (Vitamina = 2,500.200 UI, Vitamina D= 1,250.000 UI, Vitamina E= 90,000 UI, Manganeso 25.00 g, Azufre 100.00 g, Zinc Orgánico 35.00 g, Selenio orgánico 100.00 mg, Hierro, 2.00 g, Magnesio 100 g, Potasio 100 g, Fosforo 125 g, Calcio 110 g, Yodo 200 mg, Sodio 4 g).

Elaboración de bloques nutricionales

Los bloques de cada tratamiento se elaboraron manualmente, los ingredientes (véase cuadro 48), se mezclaron, comprimieron en un molde de plástico (5 kg) y se secaron a temperatura ambiente hasta tener consistencia dura, siguiendo las recomendaciones de Sansoucy (1986). El aporte nutricional de los bloques en el Exp. 1 fue de 270 g kg^{-1} MS de PC y 9.0 MJ kg^{-1} EM, siguiendo las recomendaciones (AFRC, 1993).

El follaje de *L. leucocephala* se colectó, secó a la sombra y trituroó manualmente antes de mezclarse con los ingredientes. Se obtuvo al inicio del periodo experimental de un banco forrajero de 50 árboles, ubicado en el Rancho del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

El follaje de *L. leucocephala* se colectó, secó a la sombra y trituroó manualmente antes de mezclarse con los ingredientes. Se obtuvo al inicio del periodo experimental de un banco forrajero de 50 árboles, ubicado en el Rancho del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

Cuadro 48

Ingredientes utilizados en la formulación de bloques nutricionales y dieta base (%) en Experimento 1

Ingrediente	BN 1	BN 2	
Salvado de trigo	-	27.5	35
L. leucocephala	25	-	-
Rastrojo de maíz	-	-	30
Soya	-	-	5
Melaza	40	40	-
Maíz	16	13.5	29
Urea	7	7	-
Minerales/vitami- nas*	1	1	1
Sal	1	1	-
Cemento	10	10	-

BN1=bloque nutricional con L. leucocephala, BN2=bloque nutricional con Salvado de trigo y DB=dieta base. *(Vitamina = 2,500.200 UI, Vitamina D= 1,250.000 UI, Vitamina E= 90,000 UI, Manganeso 25.00 g, Azufre 100.00 g, Zinc Orgánico 35.00 g, Selenio orgánico 100.00 mg, Hierro 2.00 g, Magnesio 100 g, Potasio 100 g, Fosforo 125 g, Calcio 110 g, Yodo 200 mg, Sodio 4 g).

Variables

Mediciones animales

Ganancia diaria de peso ($GDP \text{ g día}^{-1}$) de cada ovino se estimó por diferencia entre el peso inicial y peso final, realizándose mediciones cada quince días, utilizando una báscula digital ($e=5\text{g}$).

Consumo de la dieta base ($CDB \text{ g día}^{-1}$) se estimó pesando la DB al inicio (9:00 h) y al día siguiente (9:00h) pesando el alimento residual (oferta-rechazo).

Consumo de bloques se estimó pesando el BN al inicio (8:00h) y al día siguiente (8:00h) (oferta-rechazo) ($CBN \text{ g día}^{-1}$).

Consumo total de alimento (CT) se estimó sumando el consumo total de DB y consumo total de BN.

La digestibilidad aparente de la materia seca de la dieta base (DAMSDB) y la digestibilidad aparente de materia seca del bloque nutricional(DAMSBN)

se estimaron con la técnica de cenizas insolubles en ácido clorhídrico, donde se utilizan muestras de heces, dieta base y bloque nutricional (Van Keulen y Yong, 1977) para esta técnica se tuvieron dos semanas de adaptación a los tratamientos y una semana de muestreo de heces de cada ovino por tratamiento, colectándolas diariamente a la misma hora con la ayuda de un arnés.

Composición química y valor nutricional de la dieta base y bloques

Se tomaron muestras de la dieta base y de los bloques, la cuales fueron secadas a 60°C hasta obtener peso constante, y se les determinó contenido de nitrógeno por el método de Kjendahl (AOAC, 1990), el resultado se multiplicó por el factor 6.25 (AFRC, 1993) para la determinación de proteína cruda (PC). La cantidad de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fue determinada usando el método ANKOM, descrito por Holden (1999), y usando la técnica de Van Soest *et al.* (1994). La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) se determinó con la técnica de Menke *et al.* (1979) utilizando la fórmula $(16.49 + (0.9042 * PG) + 0.0492 * PC + (0.0387 * GC))$ donde: PG= producción de gas en ml en 200 mg de muestra a las de 24 h, PC= contenido de proteína cruda, GC= grasa cruda. La digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (DIVFDN), se estimó mediante la técnica de Schophield y Pell (1995) y la energía metabolizable (EM) fue estimada multiplicando la DIVMO X 0.15 (AFRC, 1993).

Diseño experimental

En GDP, CDB, CT y DADB se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones, cada ovino representó una repetición. Para CBN y DABN se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones (Herrera y Barreras, 2005).

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + l_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = variable respuesta en tratamiento i , repetición j
- μ = media general
- l_i = efecto del tratamiento i
- ε_{ij} = error aleatorio

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados usando un análisis de varianza y expresado en medias con su respectivo error estándar, las diferencias estadísticas entre las medias ($P < 0.05$) fueron determinadas a través de la Prueba de Tukey ($P < 0.05$). Se empleó el comando de Modelo General Lineal del paquete estadístico MINITAB v14 (2000). Para el análisis de las variables de la composición química y cinética de degradación de los bloques nutricionales se utilizó un diseño completamente al azar, donde los bloques fueron los tratamientos y cinco repeticiones.

Material y método: Experimento 2

Área de estudio

Se realizó en los meses julio-septiembre de 2009, en la región Sur del trópico seco del Altiplano Central de México, en el Rancho del Centro Universitario Temascaltepec ubicado en San Simón de Guerrero, ubicado a 19° 01' longitud norte, 100° 00' longitud oeste, con 17° C, máxima 36° y mínima de 1° C, una precipitación anual de 1200 mm, y altitud de 2152 msnm (Gutiérrez y Lagunas, 1999).

El periodo experimental comprendió dos semanas de adaptación a los tratamientos y ocho semanas de experimentación, durante los meses de julio-septiembre 2009.

Animales y manejo

Se utilizaron quince ovinos F1 (Pelibuey X Dorper) de 26 ± 3 kg y 6 ± 0.2 meses de edad, distribuidos al azar en tres tratamientos (cinco ovinos por tratamiento). Los tratamientos del Exp. 2 fueron: T1= Pastoreo + bloque nutricional con *L. leucocephala* (P+BN1), T2= Pastoreo + bloque nutricional con salvado de trigo (P+BN2) y T3= Pastoreo (Testigo) (P). Los ovinos tuvieron dos semanas de adaptación a los tratamientos y ocho semanas experimentales, al inicio del periodo experimental los ovinos se desparasitaron con Closantil (5 mg kg^{-1} PV). Los ovinos pastorearon continuamente a partir de las 08:00 a las 16:00 h en un sitio de pastizal nativo de *Paspalum notatum* y *Axonopus compressus* de aproximadamente 8000 m² dividido en tres potreros (uno por tratamiento), después del pastoreo los ovinos se alojaron en corraletas individuales donde diariamente se les proporcionó

a libre acceso agua, y a los ovinos de los tratamientos T1 y T2 se les proporciono el bloque nutricional respectivo.

Mediciones animales

La GDP, CBN, DABN se estimaron de la misma forma que en el Exp.1 y además se estimó la DAP con la técnica de cenizas insolubles en ácido clorhídrico (Van Keulen y Yong, 1977).

Manejo y mediciones del pastizal

Al pastizal se le realizó un corte de uniformidad dos semanas antes del experimento, y no fue fertilizado antes ni durante el experimento. Se midió acumulación neta de forraje (ANF) cada 21 días durante el experimento utilizando 4 jaulas de exclusión distribuidas al azar en cada potrero (Hodgson, 1990). Se evaluó la composición química y el valor nutricional de muestras de forraje obtenidas mediante la técnica de Hand plucking que consiste en simular el pastoreo cortando muestras de forraje con la mano a la misma altura que los ovinos pastorean (Mannetje, 1978). Estas muestras fueron secadas a 60°C hasta obtener peso constante, y se les determinó contenido de nitrógeno por el método de Kjendahl, (AOAC, 1990), el resultado se multiplico por el factor 6.25 (AFRC, 1993) para la determinación de PC. La cantidad de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fue determinada usando el método ANKOM, descrito por Holden (1999),y usando la técnica de Van Soest *et al.* (1994). La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) se determinó con la técnica de Menke *et al.* (1979) utilizando la formula $(16.49 + (0.9042 * PG) + 0.0492 * PC + (0.0387 * GC))$ donde: PG= producción de gas en ml en 200 mg de muestra a las de 24 h, PC= contenido de proteína cruda, GC= grasa cruda. La digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (DIVFDN), se estimó mediante la técnica de Schophield y Pell (1995) y la energía metabolizable (EM) fue estimada multiplicando la DIVMO X 0.15 (AFRC, 1993).

Elaboración de bloques nutricionales

Los bloques de cada tratamiento se elaboraron con el mismo procedimiento del Exp. 1, los ingredientes se muestran (véase cuadro 49), y tuvieron un aporte de 330 g kg⁻¹ y 8.0 MJkg⁻¹ EM (AFRC, 1993). El follaje *L. Leucaena* se obtuvo de la misma forma que en el Exp. 1. En la formulación de los bloques se incluyó pasta de soya, para aumentar el contenido proteico del blo-

Cuadro 49

Ingredientes utilizados en la formulación de bloques nutricionales (%)

Ingredientes	BN1	BN 2	Pastizal
<i>L. leucocephala</i>	20	-	-
Salvado de trigo	-	20	-
Pastizal nativo		-	100
Melaza	38	38	-
Maíz	5	5	-
Soya	18	18	-
Urea	7	7	-
Minerales	1	1	-
Sal	1	1	-
Cemento	10	10	-

BN1=bloque nutricional 1 con *L. leucaena*, BN2= bloque nutricional 2 con Salvado de trigo.

que nutricional. En ambos experimentos los BN se formularon iso-proteico e iso-energético (AFRC, 1993).

Mediciones de la composición química de los bloques

A los bloques del Exp. 1 y 2 se les tomaron al azar muestras para determinar su composición química (PC, FDN, FDA) y valor nutricional, (DIVMO, DIVFDN y EM), con la metodología utilizadas para evaluar al pastizal.

Tratamientos

Los tratamientos fueron: TX1: Pastizal + Bloque nutricional 1 (BN1), TX2: Pastizal + Bloque nutricional 2 (BN2) y T3: Pastizal.

Diseño experimental

En GDP y DAMSP, CBN y DAMSBN se utilizó el diseño completamente al azar (Herrera y Barreras, 2005).

Se determinó el coeficiente de correlación entre las variables ANF, con CBN y GDP de cada tratamiento y se estimó la correlación entre las mismas variables (Herrera y Barreras, 2005).

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + l_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta en tratamiento i , repetición j

μ = media general

l_i = efecto del tratamiento

ε_{ij} = error aleatorio

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados usando un análisis de varianza y expresado en medias con su respectivo error estándar; las diferencias estadísticas entre las medias ($P < 0.05$) fueron determinadas a través de la Prueba de Tukey ($P < 0.05$). Se empleó el comando de Modelo General Lineal del paquete estadístico MINITAB v14 (2000). Para el análisis de las variables de la composición química y cinética de degradación de los bloques nutricionales se utilizó un diseño completamente al azar, donde los bloques fueron los tratamientos y cinco repeticiones.

Resultados: Experimento 1

El CDB y CT no presentó diferencia significativa (véase cuadro 50), lo cual indica que el CDB no incrementó al consumir el BN, esto se relaciona con la composición química de la dieta base. Estrada (2001), reporta incremento en el consumo de dieta basal compuesta por forrajes toscos complementados con bloques nutricionales respecto al tratamiento testigo que solo recibió la dieta base, indicando que la calidad de la dieta base es un factor que determina el consumo del bloque. Ramírez (2009) menciona que los factores que afectan el consumo de forraje, están relacionados con la composición química y la digestibilidad del alimento consumido. Thornton y Minson (1973) y Horn *et al* (1979) reportaron que existe una relación positiva entre el consumo voluntario de forraje y la digestibilidad de la dieta, esta relación se basa en la textura física del forraje de la dieta, velocidad de digestión y tasa de pasaje ruminal.

El CMSBN en los T1 y T2 presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), el BN1 tuvo mayor consumo con 135 g animal-1 día (véase cuadro 51), lo que indica que fue preferido por los ovinos. Esto se relaciona con la palatabilidad del bloque, proporcionada por el follaje de *Leucaena leucocephala*. Parrotta (1992), menciona que las hojas y vainas de *L. leucocephala* son pre-

Cuadro 50

Valores medios en la respuesta productiva de ovinos complementados con bloques multinutricionales

Variables	T1	T2	T3	P	EEM
CBN (g/día)	135a	89b	-	0.008	7.7
CDB (g/día)*	916	932	887	0.057	15.80
CT (g MS/animal)	1051	1021	887	0.051	21.02
GDP (g/ día)	92a	102a	64b	0.009	6.98
DAMSBN (g/kg MS) *	568	647	-	0.052	20.65
DAMSDB (g/Kg MS)	780	768	742	0.207	13.61

T1= Alimento balanceado+bloque1; T2= Alimento balanceado + bloque 2; T3= Dieta base. ^a y ^b literales diferentes en filas representan diferencias significativas P<0.05. CMSBN= Consumo de materia seca de bloque nutricional, CMSDB= Consumo de materia seca de dieta base, CMST= Consumo de materia seca total, GDP= ganancia diaria de peso, DAMSBN= Digestibilidad aparente de materia seca del bloque nutricional, DAMSDB= Digestibilidad aparente de la materia seca de dieta base. *En estas variables el T1 fue el BN1 y el T2 fue el BN2

feridas por bovinos, búfalos y cabras y su contenido proteínico del follaje varía entre 14.0 y 16.2 %. La GDP presentó diferencias entre tratamientos (P<0.05), T1 y T2 fueron similares (P>0.05) con 92 y 102 g día⁻¹ respectivamente (véase cuadro 50). T3 presentó menor GDP 64g día⁻¹ (P<0.05). Observándose un el efecto positivo en la GDP de los ovinos complementados con bloque, respecto al tratamiento control, observándose que no existió diferencia significativa (P>0.05) en la respuesta productiva en los ovinos al consumir bloque con *L. leucocephala* o bloque con salvado de trigo a pesar de que BN1 presento mayor consumo. Estrada (2001) reportó ganancias diarias de peso superiores a las reportadas en este trabajo con 134 g/ animal/día al ser complementados con bloques nutricionales con harina de sangre como fuente de proteína de sobrepeso. Sansouy *et al.* (1988), reportan consumos de bloque nutricional similares a los encontrados 136, 112 y 8g MS animal⁻¹ día en ovinos alimentados con paja y complementados con bloques nutricionales con diferentes niveles de urea 10, 15 y 20% en su formulación y atribuyen una disminución en el consumo de bloque a el aumento de urea. Combellas *et al.* (1991) también reportaron resultados similares en el consumo de bloque nutricional en ovinos de 107 g animal/día, consumiendo una dieta base de rastrojo de maíz. FAO/IAEA (2006) menciona que el efecto positivo de los bloques es mayor cuando la disponibilidad del alimento base se limita o en la medida que este se consume, que cuando se ofrece *ad libitum*. Esto se explica debido a que cuando la

disponibilidad del alimento es mayor el complemento sustituye el forraje no obteniéndose de esta manera la repuesta animal esperada.

No obstante que los BN se formularon iso proteico e iso energético, y el contenido de taninos condensados del follaje de *L. leucocephala* es menor a 5 % (García, 1996), el mayor consumo del BN1 puede ser atribuido a que presentó mayor gustocidad debido a que la DAMSBN y la DAMSDB fue similar ($P>0.05$), Parrotta (1999) mencionó que el follaje de *L. leucocephala* contiene del 19 al 47 % de mimosina, aminoácido que puede ser tóxico para el ganado y que ocasiona pérdida de peso, mala salud en animales monogástricos cuando su forraje constituye entre 5 a 10% de la dieta. Sin embargo, los rumiantes cuando consumen estos forrajes constantemente poseen microorganismos estomacales que convierten a la mimosina en una sustancia inofensiva (García, 1996).

Cuadro 51

Características agronómicas y nutricionales del pastizal nativo de *Paspalum notatum* y *Axonopus compressus*

Variables	Contenido
ANF (Kg MS-1 Ha)	1967.11
PC (g Kg-1 MS)	10.14
FDN (g Kg-1 MS)	632.17
FDA (g Kg -1MS)	282.37
DIVFDN (g Kg-1 MS)	528.67
DIVMO (g Kg-1 MS)	387.66
EM (MJ Kg-1MS)	5.26
DAMSP (gkg-1 MS)	882.66

ANF= acumulación neta de forraje, PC= proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido, DIVFDN= digestibilidad in vitro de la fibra detergente neutro, DIVMO= digestibilidad in vitro de la materia orgánica, EM=energía metabolizable

Resultados: Experimento 2

Se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) entre tratamientos respecto a CBN el BN1 presentó mayor consumo (133 g animal⁻¹ día⁻¹). Taylor *et al.* (2002), reportaron resultados diferentes en el consumo de bloque con 58 g día⁻¹ en ovejas de diferentes edades, en pastoreo de pastizales nativos como dieta base, donde las ovejas de mayor edad (5-6 años) consumían mayor cantidad de bloque, sin embargo son consumos in-

feriores y lo atribuyeron a la naturaleza gregaria de las ovejas en pastoreo, la cual no permite permanecer todas las ovejas en el área del bloque, sin tiempo suficiente para que todas las ovejas lo consuman. En GDP se presentaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$), $T2 > T1 > T3$, con 68, 48 y 8 g $\text{animal}^{-1}\text{día}^{-1}$ respectivamente. Posiblemente está relacionado con la mayor gustosidad hacia el bloque con *L. leucocephala*, que hacia los bloques con salvado de trigo. En el caso del T3, sus bajas GDP de ovinos son atribuidas al tratamiento control. Fernández *et al.* (1997) obtuvieron resultados similares cuando evaluaron la GDP 71 g/día de ovinos pastoreando praderas naturales complementados con bloques nutricionales con 10% de urea y 15 % de harina de pescado como proteína sobrepasante. La complementación con bloques nutricionales es un método rentable para mejorar la nutrición de ovinos en pastoreo, además puede ser una vehículo para administrar antiparasitarios y aliviar el efecto del endoparasitismo (Anindo, 1998).

La DAMSBN presentó diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos. BN1 fue mayor al BN2, lo que se puede relacionar con el estado de madurez del follaje, ya que las hojas de *L. leucocephala* estaban en rebrote, incrementando la digestibilidad y el consumo (véase cuadro 52). Sin embargo, existen factores del pastizal como la ANF, que influenciaron en el consumo de los bloques nutricionales.

Cuadro 52

Valores promedio del consumo de materia seca, digestibilidad aparente de los bloques nutricionales, y ganancia diaria de peso de ovinos en pastoreo

Variables	T1	T2	T3	P	EEM
CBN (g/día)*	133a	108b	-	0.036	5.8
GDP (g/día)	48a	68b	8c	0.002	3.11
DAMSBN(g/kg MS)*	625a	832b	-	0.006	35.55
DAMSP	915	801	932	0.078	23.81

T1= Pastizal + bloque nutricional1; T2= Pastizal + bloque nutricional 2; T3=Pastizal.
^a y ^b literales diferentes en filas representan diferencias significativas $P < 0.05$. CBN= Consumo de bloque, GDP= ganancia diaria de peso, DAMSBN= Digestibilidad aparente de bloque nutricional. *En estas variables el T1 fue el BN1 y el T2 fue el BN

La ANF de los pastizales se relacionó significativamente (véanse cuadros 53 y 54) CBN y con GDP, Los datos sugieren que el consumo de los bloques dependía de la disponibilidad de forraje, debido a que se observó una relación negativa, aumentando el CBN al disminuir la ANF. La ANF res-

pecto a la GDP, presentó una relación positiva, debido a que al disminuir la ANF también disminuyó la GDP. El CBN se relacionó negativamente con la GDP, lo cual indica que aunque el CBN1 aumento no se reflejó en una mayor GDP, lo cual se relaciona con la ANF la cual mostró una relación positiva con la GDP, indicando que al disminuir la producción de forraje disminuyó también la GDP. Milne *et al.* (1981) Reportaron una relación lineal positiva entre el promedio de ganancia de peso corporal y el consumo de materia orgánica digestible en ovejas y corderos bajo pastoreo, y también informó que el cambio de peso corporal se relaciona con la materia orgánica tanto como con la complementación PC y la disponibilidad de pasto por hectárea en las praderas de pastoreo de ovejas. Lobato *et al.* (1980) reportaron una correlación positiva entre la ganancia de peso corporal de los ovinos y la ingesta de suplementos individuales de avena y heno. Sin embargo no contenían melaza.

Cuadro 53
Valores promedio del consumo de materia seca,
digestibilidad aparente de los bloques nutricionales,
y ganancia diaria de peso de ovinos en pastoreo

Variables	T1	T2	T3	P	EEM
CBN (g/día)*	133a	108b	-	0.036	5.8
GDP (g/día)	48a	68b	8c	0.002	3.11
DAMSBN(g/kg MS)*	625a	832b	-	0.006	35.55
DAMSP	915	801	932	0.078	23.81

T1= Pastizal + bloque nutricional1; T2= Pastizal + bloque nutricional 2; T3=Pastizal.
^a y ^b literales diferentes en filas representan diferencias significativas P<0.05. CBN= Consumo de bloque, GDP= ganancia diaria de peso, DAMSBN= Digestibilidad aparente de bloque nutricional. *En estas variables el T1 fue el BN1 y el T2 fue el BN2

La ANF presentó una baja correlación respecto al CBN y una alta correlación con la GDP. Ya que el CBN pudo estar relacionado con una mayor disponibilidad, palatabilidad y las características físico-químicas del bloque. Además se presentó una alta correlación respecto GDP, lo cual se relacionó con la disponibilidad de forraje.

Cuadro 54

Correlación entre acumulación neta de forraje, consumo de bloque y ganancia diaria de peso

	ANF	P	CBN1	P	CBN2	P
CBN1	0.43	0.032				
CBN2	0.58	0.011	-	-		
GDPT1	0.98	0.000	0.561	0.000	-	-
GDPT2	0.99	0.000	-	-	0.689	0.000
GDPT3	0.82	0.000	-	-	-	-

CBN1=consumo de bloque nutricional1, CBN2=consumo de bloque nutricional 2, GDPT1=ganancia diaria de peso en el tratamiento 1, GDPT2=ganancia diaria de peso en el tratamiento 2, GDPT3=ganancia diaria de peso en el tratamiento 3.

CONCLUSIONES

La inclusión de recursos forrajeros naturales como *L. leucocephala* y subproductos de la industria harina como el salvado de trigo para la elaboración y utilización de bloques nutricionales en ovinos en confinamiento o pastoreo tiene ventajas debido a su aceptabilidad y disponibilidad en la zona. En el Exp. 1 se observó un efecto significativo en la GDP de los ovinos complementados con BN. En el Exp. 2 la GDP fue superior en los ovinos que consumieron el BN2 con salvado de trigo, debido a que presentó mejor calidad nutritiva.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AGUILAR, L.C.F., Estrada, P.M. 1995. *Evaluación de la ganancia diaria de peso observada en los ovinos en México*, Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Estado de México.
- ANDRADE, M.H.M. 2006. "Nutrición y alimentación de ovinos en sistemas intensivos", *En memorias del V seminario de producción de ovinos en el trópico* 20 p.
- ANINDO, D., Toe, F., Tembely, S., Mukasa-Mugerwa, E., Lahlow-Kassi., Sovani, S. 1998. "Effect of molasses urea block (MUB) on dry matter intake,

- growth, reproductive performance and control of gastrointestinal nematode infection of grazing Menz ram lambs”, *Small Ruminant Research* 27: 63-71.
- AVILÉS-NOVA, F, Espinoza- Ortega, A., Castelán-Ortega, O.A., Arriaga-Jordan, C.M. 2008. “Sheep performance under intensive continuous grazing of native grasslands of Paspalumnotatum and Axonopus Compressus in the subtropical regions of the Highlands of Central México”, *Tropical Animal Health and Production* 40: 509-515.
- BIRBE, B. 1998. *Evaluación física de bloques multinutricionales melaza-urea, con diferentes niveles de roca fosfórica y harina de hojas de Gliciridiasepium*, aceptabilidad y respuestas productiva de bovinos. Memorias del III taller internacional silvopastoril “los árboles y arbustos en la ganadería” estación experimental “Indio Huatey” Matanzas (Cuba) p. 161-165.
- BEN Salem, H., Nefzaoui, A. 2003. “Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats”. *Small Ruminant Research* 49: 275-288.
- COMBELLAS, J. 1994. *Influencia del bloque nutricional sobre la respuesta productiva de bovinos pastoreando forrajes derivados. Bloques multinutricionales* en: memorias de la 1 Conferencia internacional. Guanare, Venezuela p. 67-70.
- ESTRADA, P.M. 2001. *Bloque multinutricional con diferentes niveles de proteína no degradable como suplemento en la alimentación de ovinos*. Tesis de Maestría en Ciencias. Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Estado de México, pp. 37-64.
- FAO/IAEA. 2006. *Improving Animal Productivity by Supplementary Feeding of Multinutrient Blocks, Controlling Internal Parasites and Enhancing Utilization of Alternate*. International Atomic Energy Agency, Vienna p. 278.
- FERNÁNDEZ, G., San Martín, F., Escurra, E. 1997. “Uso de bloques nutricionales en la suplementación de ovinos al pastoreo”, *Revista Investigación IVITA* (Perú), 8:29-38.
- GARCIA, G.W., Ferguson, T.U., Neckles, F.A., Archivald, K.A.E. 1996. “The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*”. *Animal Feed Science and Technology*. 60, 29-41.
- GARCÍA, E.D., Medina, G. M. 2006. “Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros”, *Revista Zootecnia Tropical*, 24: 233-250.
- GASMI-BOUBAKER, A., Kayouly, C., Buldgen, A. 2006. “Feed blocks as a supplement for goat kids grazing natural Tunisian rangeland during the dry season”, *Animal Feed Science and Technology* 126: 31-41.

- GUTIÉRREZ, A. P., Lagunas, A.M.1999. *Monografía del Municipio de San Simón de Guerrero*. Instituto Mexiquense de Cultura. P 120.
- HERRERA, H.J.G., Barreras, S.A.2005. *Análisis estadísticos de experimentos pecuarios*. 2ªed., Colegio de postgraduados.
- HODGSON, J. 1990. *Grazing Management: Science into Practice*.(Longman Scientific and Technical: Harlow) p. 203.
- HOLDEN, L. A. 1999. "Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds", *Journal Dairy Science*. 2: 1791-1794.
- HORN, F.P. 1979. "Relationship of animal performance and dry matter intake on chemical constituents of grazed forage", *Journal Animal Science* 49: 1051-1058.
- LOBATO, J.F.P., Pearce, G.R., Tribe, D.E. 1980. "Measurement of the variability in intake by sheep of oat grain, hay and molasses-urea blocks using chromic oxide as a marker", *Australian Journal Experimentation Agricultural and Animal Husbandry*. 20: 413-416.
- LOPEZ-GONZALEZ, F., Estrada-Flores, J.G., Aviles-Nova, F., Yong-Angel, G., Hernandez-Morales, P., Martinez-Loperena, R., Pedraza-Beltran, P.E.,Castelan-Ortega, O.A. 2010. Agonomic evaluation and chemical composition of star grass (*Cynodonplectostachyus*) in the southern región of the State of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystem* 12: xxx-xxx.
- MANNETJE, L. 'T. (1978) Measuring quantity of grassland vegetation in: 't Mannetje L. (ed). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Commonwealth Agricultural Bureaux. p. 63-95.
- MELÉNDEZ, N.F., Báez, R.V.A., López, J., Tejada H.I., Shimada, M.A., Goñi C.S. 2000. *Alimentación de rumiantes en el trópico. Generalidades y tópicos especiales*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- MENKE, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingas, H., Fritz, D., Schneider, W., 1979. "The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*", *Journal Agricultural Science* 9: 217-222
- MINITAB VERSION 14. 2000. *Statistical software. User's guide 1: Data, graphics, and Macros*. USA.
- MILNE, J.A., Maxwell, T.J., Souter, W. 1981. "Effect of supplementary feeding and herbage mass on the intake and performance of grazing ewes in early lactation", *Animal Production* 32: 185-195.

- ØRSKOV, E.R. 2005. *Plant factors limiting roughage intake in ruminants. Tropical Feeds and Feeding Systems*. Elsevier, Amsterdam, p. 55-70.
- PARROTA, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit *Leucaena* tantan SO-ITFSM-52. Departament of Agriculture. New Orleans p. 8.
- RAMÍREZ, L.R.G. 2009. *Nutrición de rumiantes sistemas extensivos 2ª*, ed. Editorial Trillas. México, p. 314.
- SANSOUSY, R. 1986. "Fabricación de bloques de melaza y urea", *Revista Mundial de Zootecnia* 57: 40-48.
- SANSOUCY, R., Aarts, D., Leng, R.A. 1988. *Molasses/urea blocks*. En: www.fao.org/.
- SCHOFIELD, P., Pell, A.N. 1995. "Validity of using accumulated gas pressure reddings to measure forage digestion in vitro: a comparison involving three forage", *Journal Dairy Science* 78: 2232-2238.
- TAYLOR, N., Hatfiel, P.G., Sowell, B.F., Bowman, J.G.P., Drouillard, J.S., Dhuyvetter, D.V. 2002. "Pellet and block supplements for grazing ewes", *Animal Feed Science and Technology*. 96: 193-201.
- TOBÍA, C. 1996. *Elaboración artesanal y semi-industrial de bloques nutricionales para rumiantes. El garrapato*. Decanto de Ciencias Veterinarias. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" Baquisimeto, Venezuela. 13:14-17.
- THORNTON, R. F. y Minson, D.J. 1973. "The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake and apparent digestibility of legume and grass diet in sheep", *Australian Journals* 24: 889-898.
- VAN KEULEN, J., Yong, B.A. 1977. "Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies", *Journal Animal Science*, 44: 282-2.

COMPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA EN LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DE RUMIANTES

DIEGO JARAMILLO-ALBITER^a, ROLANDO ROJO-RUBIO^a, RAFAEL CANO-TORRES^b,
ALEJANDRO SALVADOR-CÁCERES^c, JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ-ARMIJO^{a*}

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se han venido utilizando nuevas estrategias de alimentación para mejorar el bienestar de los animales, así como, aumentar su actividad productiva y reproductiva. Es así que, fuentes alternativas de alimentación como la utilización de grasas y lípidos de plantas y animales, son utilizadas en la alimentación de rumiantes como complementos energéticos que permiten mejorar la productividad y reproductividad del animal (Bertot, 2007).

Los lípidos y grasas, forman estructuras fundamentales en el organismo, como lo son los triglicéridos, fosfolípidos, colesterol y esteres de colesterol (Nagata *et al.*, 2005; Ramírez-Lozano, 2008).

Las grasas, son esteres de glicerina con ácidos grasos (triglicéridos), que en presencia de un álcali sufren un proceso de saponificación, que consiste en la hidrólisis de la grasa que da origen a un glicerol y liberación de ácidos grasos. Estos ácidos grasos, sufren un proceso de hidrolización e hidrogenación en el rumen por los microorganismos del mismo. Los ácidos grasos resultantes del ataque microbiano pasan a intestino delgado donde se adhieren a otras moléculas para poder ser absorbidos por la pared in-

^a Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México; Km 67.5 Carr. Fed. Toluca-Tejupilco, 51300, Temascaltepec, México, MÉXICO. ^b Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; El Cerrillo, Piedras Blancas, México, MÉXICO. ^c Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias; Maracay, Aragua, Venezuela. *Autor para correspondencia.

testinal; después de este proceso, los ácidos grasos, triglicéridos glicerol, entre otros complejos resultantes, por medio del intestino delgado, son transformados en quilomicrones que ayudan al transporte de estos complejos de ácidos hacia la sangre portal donde son distribuidos a los distintos tejidos y órganos donde pueden ser utilizados para distintas funciones (McDonald y Greenhalgh, 1999; Doppenberg y Van Der Aar, 2010).

Se ha comprobado que dietas con suplementos energéticos o grasas, mejoran; el sistema inmune, la secreción hormonal (GnRH, FSH, LH), el incremento en la tasa folicular; la calidad del ovocito (Bertot, 2007; Ortega-Perez *et al.*, 2012), que permiten la implantación de embriones en el útero (Ruiz, 2007), y por consecuente, mejores tasas de preñez y prolificidad (Hughes *et al.*, 2011).

COMPLEMENTOS ENERGÉTICOS UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Los lípidos son compuestos orgánicos formados de moléculas de carbono, hidrogeno y oxigeno. Se encuentran en las plantas, animales y microorganismos. Estos son utilizados como fuentes de energía en la alimentación animal; además, forman estructuras fundamentales en el organismo, como lo son los triglicéridos, fosfolípidos, colesterol y esterios de colesterol (Ramírez-Lozano, 2008).

Los forrajes contienen sólo de 2 a 5 % de lípidos en su MS, y sólo un 50% de esos lípidos está bajo la forma de ácidos grasos, con altos porcentajes de ácidos linoleico y linolénico. La composición de lípidos de los forrajes es muy variada incluyendo lípidos simples, fosfolípidos, galacto-lípidos y pigmentos. Los granos oleaginosos (soya, girasol) son ricos en lípidos, con elevado contenido de triglicéridos (Hinton, 2007; Chiba, 2009). En general existen diversos ingredientes energéticos utilizados en la alimentación animal como: mezclas de cebo de origen animal y vegetal, grasa, grasa amarilla, harina de pescado, semillas de algodón, soya, semillas de colza, semillas de canola, el corazón del maní, semillas de cártamo, semillas de girasol, grasa comprimida, jabones de grasa hidrogenados, grasa de calcio, triglicéridos de cadena media y ácidos grasos libres, entre otros (Funston, 2004; Savoini *et al.*, 2010).

Las grasas, son esterios de glicerina con ácidos grasos (triglicéridos), que en presencia de un álcali sufren un proceso de saponificación, que con-

siste en la hidrólisis de la grasa que da origen a un glicerol y liberación de ácidos grasos (Hinton, 2007).

Ambos, los lípidos y las grasas, son utilizadas por el organismo animal para la formación de ácidos grasos (ácidos orgánicos con un grupo carboxilo COOH), (Ramírez-Lozano, 2008).

Los triglicéridos son la principal fuente de reserva energética de los animales, ya que durante el catabolismo de las grasas, un gramo de grasa puede producir 9.4 kilocalorías en las reacciones metabólicas de oxidación, mientras que, las proteínas y carbohidratos solo pueden producir 4.1 kilocalorías por gramo (McDonald y Greenhalgh, 1999; Elizondo-Salazar, 2008; Duarte-Vera *et al.*, 2012).

Los triglicéridos se encuentran principalmente en cereales, semillas de oleaginosas y grasa de origen animal. La estructura básica de los triglicéridos se forma de una unidad de glicerol (un azúcar de tres carbonos) y tres unidades de ácidos grasos. Cuando uno de los ácidos grasos esta reemplazado con un fosfato ligado a otra estructura compleja, el lípido se denomina fosfolípido (Cronje, 2000; Sejrsen *et al.*, 2008) (Véase cuadro 54).

Las grasas y los aceites han sido utilizados como un ingrediente energético dietético que permite mejorar el balance energético de los animales (Salvador *et al.*, 2009); y por consiguiente, aumenta la función reproductiva en varios tejidos importantes, incluyendo el hipotálamo, la glándula pituitaria, el ovario y el útero en el rumiante (Funston, 2004; Savoini *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2012).

Los AG poliinsaturados como el docosahexaenoico, eicosahexaenoico, araquidonico y linoleícos conjugados, son algunos ácidos grasos de cadena larga que pueden ser sintetizados por el organismo del animal a partir del ácido α -linolénico y linoleíco, a través de varias etapas que implican desaturación y elongación de la cadena (Mattos *et al.*, 2000; Ortega-Pérez *et al.*, 2012). Los AG α -linolénico y linoleíco no pueden ser sintetizados por los animales, por lo tanto, deben consumirse en la dieta (Savoini *et al.*, 2010; Ortega-Pérez *et al.*, 2012).

Si la adición de fuentes energéticas en la dieta de los rumiantes permite mejorar la actividad reproductiva de los animales, es de gran importancia revisar el proceso mediante el cual se actúa en los distintos tejidos en el animal, por lo que en esta revisión se pretende describir parte de la actividad de los ácidos grasos en el metabolismo.

Cuadro 54 Clasificación de los ácidos grasos (AG)

Tipo de ácido graso por número de carbonos		
	Numero de carbonos	
AG de cadena larga	≥ 14 Carbonos en su cadena	
AG de cadena corta	≤ 12 Carbonos en su cadena	
Tipo de ácido graso por su importancia		
AG esenciales	El animal no es capaz de sintetizarlo	Linoleíco (Omega 6), Linolénico (Omega 3), Araquidónico (Omega 3)
AG no esenciales	Son sintetizados en el organismo	Palmítico, esteárico y araquidónico, palmitoléico, oleico

AG; Ácidos Grasos. Adaptado de: McDonald y Greenhalgh, (1999); Cronje, (2000)

DIGESTIBILIDAD, METABOLISMO Y ABSORCIÓN DE LAS GRASAS EN RUMIANTES

Las fuentes energéticas en rumiantes han permitido mejorar la actividad productiva y reproductiva del animal, y a continuación se describen de manera breve algunos procesos de digestión, absorción y metabolismo de las grasas.

Las grasas (lípidos) consumidas por el animal sufren un proceso mecánico de separación en el rumen; hidrolización e hidrogenación, posteriormente, son transportados hacia el intestino delgado, en el duodeno, se realiza la mayor parte de absorción de los lípidos en conjunto con otros compuestos sintetizados por el organismo animal que facilitan el transporte de los lípidos y los modifican para ser absorbibles por las micro-vellosidades del intestino delgado (Cronje, 2000; Dijkstra *et al.*, 2005; Sejrnsen *et al.*, 2008; Chiba, 2009).

Durante la hidrolización de las grasas en el rumen, se forman enlaces entre ácidos grasos y glicerol, que al romperse formarían glicerol y 3 ácidos grasos. El glicerol es fermentado rápidamente para formar ácidos grasos volátiles. Algunos ácidos grasos, son utilizados por las bacterias del rumen para formar fosfolípidos necesarios para construir las membranas celulares, y para transformarse en moléculas de acetyl coenzima A en la mitocondria, que ingresan al ciclo de Krebs durante la β -oxidación (Palavecino, 2002).

En consecuencia, los microorganismos del rumen, además de hidrolizar los ácidos grasos por medio de la enzima lipasa, hidrogenan ácidos grasos insaturados que da como resultado el rompimiento de enlaces dobles que serán reemplazados por dos átomos de hidrogeno (el ácido linoleíco y linoléico tienen dobles enlaces y su configuración es de tipo *cis*, antes de ser hidrogenados 1 enlace se convierte en configuración *trans*), por ejemplo la hidrogenación del ácido oleico se convierte en ácido esteárico (McDonald y Greenhalgh, 1999; Cronje, 2000; Dijkstra *et al.*, 2005).

Los ácidos grasos poliinsaturados (linoleíco y linoléico) liberados de las combinaciones éster, son hidrogenados por las bacterias, produciendo en primer lugar un ácido monoenoico y finalmente el ácido esteárico. Los microorganismos del rumen son capaces además de sintetizar algunos ácidos grasos de cadena impar a partir de propionato y ácidos grasos de cadena ramificada a partir del esqueleto hidrocarbonado de los amino ácidos valina, leucina e isoleucina (Doppenberg y Van der Aar, 2010).

La mayoría de los productos finales de la degradación de los lípidos en el rumen como AGV's (Ácidos Grasos Volátiles) y amoniaco, se absorben en la propia pared ruminal; por ejemplo, la mayor parte de los AGV's se absorben en el rumen, retículo y omaso y solo una pequeña parte atraviesa el abomaso y es absorbida en el intestino delgado. Por consecuencia, la mayoría de los lípidos que no son degradados a compuestos absorbibles en rumen, son en mayor parte, ácidos grasos saturados principalmente en la forma de ácidos palmítico y esteárico, ligados a partículas de alimento, microbios y fosfolípidos microbianos. El resto de los lípidos que salen del rumen forman parte de las paredes celulares de los microorganismos, considerados como fosfolípidos microbianos; estos, contribuyen a formar la masa total de los ácidos grasos procesados y absorbidos por la pared del intestino delgado (Freer y Dove, 2002; Sejrsen *et al.*, 2008).

Es decir, gran parte de los ácidos grasos de cadena corta se absorben en el rumen, los ácidos grasos de cadena larga no son absorbidos directamente en el rumen, si no que, al llegar al intestino delgado se encuentran libres y saturados y los lípidos bacterianos se encuentran estratificados (fosfolípidos) (McDonald y Greenhalgh, 1999).

Los AGV's se difunden de forma pasiva hacia el interior del epitelio ruminal, tanto en estado ionizado como no ionizado. Sin embargo, para que estos puedan pasar del epitelio ruminal a la sangre, estos ácidos deben estar en forma no ionizada (Sejrsen *et al.*, 2008).

Para que puedan digerirse las grasas necesitan de un proceso previo de emulsificación, que produce la reducción del tamaño de la gota de grasa, por reducción de la tensión superficial, y se forman suspensiones estables en agua. Una vez que las grasas están emulsificadas se produce el ataque

hidrolítico por las enzimas pancreáticas. Es decir, una vez en el intestino delgado, los ácidos grasos sufren transformaciones para poder ser absorbidos por la pared intestinal, es así que, la bilis secretada por el hígado (en especial los ácidos glicocolico, taurocolico y cólico), en conjunto con las secreciones pancreáticas (ricas en enzimas y bicarbonato) se mezclan con el contenido del intestino delgado para preparar los lípidos para su absorción, el glicerol y los ácidos grasos de menos de 10 carbonos, son rápidamente absorbidos por transporte pasivo en el duodeno, en cambio los ácidos grasos libres (> 10 carbonos), el colesterol y los B-monoglicéridos se combinan con las sales biliares conjugadas para formar una micela (partículas coloidales). Estas sales biliares tienen acción detergente y ayudan al transporte de los productos terminales de la digestión de las grasas. En las células intestinales la mayor parte de los ácidos se ligan con glicerol (proveniente de la glucosa en la sangre) para formar triglicéridos (triacilglicéridos) (McDonald y Greenhalgh, 1999; Doppenberg y Van der Aar, 2010).

Los lípidos protegidos, no se atacan en el rumen, permanecen susceptibles a la hidrólisis enzimática del rumen hasta que se presentan de forma disponible en el intestino delgado, donde son absorbidos. Estos ácidos grasos insaturados pueden modificar la composición de las grasas corporales y lácteas del animal (McDonald y Greenhalgh, 1999; Hinton, 2007).

La lipasa pancreática es responsable de la mayor parte de la hidrólisis y del fraccionamiento de los ácidos grasos, al actuar sobre la superficie de las micelas que engloban a los triglicéridos. La enzima pancreática colipasa, favorece la formación del complejo de sales biliares lipasa-colipasa que interviene en la hidrólisis, además hidroliza los ácidos biliares que rodean la grasa y permite la acción de la lipasa que degrada los triglicéridos en monoglicéridos y ácidos grasos. La enzima Colesterol esterasa, es la encargada de la hidrolización de los ésteres de colesterol, y la Fosfolipasa, que existe en dos formas A1 y A2, la A1 hidroliza los ácidos grasos de los fosfolípidos y la Fosfatasa A2, hidroliza la lectina y se produce lisolecitina y un ácido graso. Todos estos compuestos de degradación de los lípidos se organizan con ácidos biliares y fosfolípidos para formar unas estructuras hidrosolubles que se denominan micelas (Cronje, 2000; Dijkstra *et al.*, 2005; Chiba, 2009).

Una pequeña porción de los triacilglicéridos de la ración puede hidrolizarse hasta glicerol, sin embargo, algunos ácidos grasos de bajo peso molecular que se absorben en el tracto digestivo, llegan directamente a la sangre portal (McDonald y Greenhalgh, 1999; Sejrsen *et al.*, 2008).

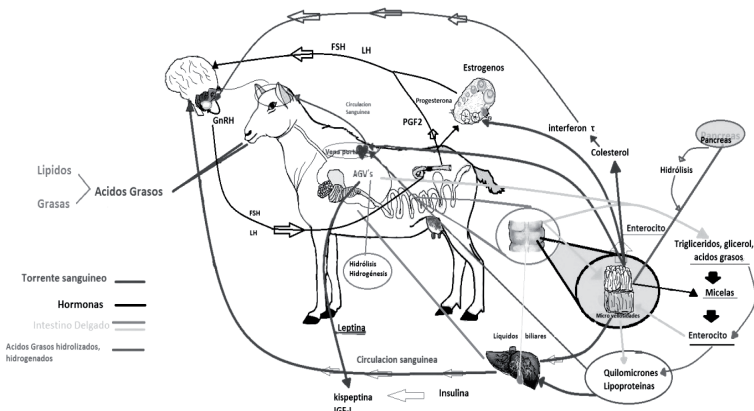
Como resultado de la actividad de la lipasa, monoglicéridos, ácidos grasos, y glicerol (micelas) se reparten por el ambiente acuoso de la luz intestinal y posteriormente son solubilizados por las sales biliares. Las micelas

hidrosolubles permiten que los lípidos se difundan hasta las proximidades de las micro-vellosidades del intestino, donde se produce el transporte pasivo de monoglicéridos y fosfolípidos hasta el interior del enterocito, donde son reesterificados en el retículo endoplásmico para formar de nuevo triglicéridos y fosfolípidos; estos se unen a colesterol para formar una estructura denominada quilomicrón que consta de un núcleo de triglicéridos y ester de colesterol rodeados en la superficie por fosfolípidos, colesterol y proteínas estabilizadoras (Cronje, 2000; Dijkstra *et al.*, 2005; Chiba, 2009).

Los quilomicrones son grandes complejos hidrosolubles, estos son liberados por el enterocito a través de la membrana baso lateral hacia el espacio intercelular y son recogidos por los vasos linfáticos intestinales hasta el conducto linfático abdominal, torácico y finalmente alcanzan el torrente sanguíneo en la vena cava. En contraste con la mayoría de nutrientes absorbidos en el tracto gastrointestinal, los lípidos absorbidos no van al hígado sino que entran directamente a la circulación general; así los lípidos absorbidos pueden ser utilizados por todos los tejidos del cuerpo sin ser procesados por el hígado (Cronje, 2000; Sejrsen *et al.*, 2008) (véase figura 20).

Figura 20

Absorción, digestión y metabolismo de las grasas y lípidos; rutas metabólicas y respuesta reproductiva [Adaptado de: Chiba, (2009); Cronje, (2000); Sejrsen et al., (2008); Dijkstra, et al., (2005); Freer y Dove, (2002)]



Las células de la parte más baja del duodeno producen una hormona peptídica llamada Colecistocinina (CCK), encargada de liberar enzimas, y sales biliares de la vesícula biliar (Dijkstra, *et al.*, 2005).

Las proteínas ligadas a ácidos grasos (lipoproteínas de baja densidad), son transportadas por el citosol hasta el retículo endoplásmico liso donde ocurre la reesterificación; estas lipoproteínas poseen gran afinidad por los triglicéridos de cadena larga y los ácidos grasos saturados. La reesterificación de los productos lipolíticos en el citosol es un proceso que depende de energía, y es mediada por la Acil-CoA Sintetasa en la fracción microsómica de la célula del epitelio intestinal. Para la reesterificación se conocen dos vías bioquímicas: La del monoglicérido, que comprende más del 70% de la síntesis total de triglicéridos en intestino; y la del ácido fosfatídico, que comprende el resto de la síntesis de los triglicéridos (Cronje, 2000; Dijkstra, *et al.*, 2005).

Algunos ácidos grasos libres se captan de forma directa o se transportan por medio de la albumina sérica hasta que la celulosa absorba el ácido graso libre (Dijkstra, *et al.*, 2005).

La albúmina representa aproximadamente la mitad de la proteína en el plasma sanguíneo. Esta juega un papel importante en la regulación de la presión osmótica. La bilirrubina, es un conjunto de ácidos grasos libre de cadena larga y un número de hormonas esteroides unidas a la albúmina (McDonald y Greenhalgh, 1999; Sejrson *et al.*, 2008).

Los destinos más importantes de los ácidos grasos de cadena larga durante el metabolismo de la LCF-CoA en el hígado son; la esterificación de triacilgliceroles y, en menor medida, en fosfolípidos y ésteres de colesterol, y la oxidación completa de Co-2 o la oxidación incompleta que genera el acetato (precursor para la síntesis de colesterol) y los cuerpos cetónicos (Freer y Dove, 2002).

Por lo tanto, existen tres formas de transporte de energía basada en lípidos:

1. Quilomicrones (directamente del intestino delgado) y lipoproteínas (originadas en el hígado y otros tejidos).
2. Ácidos grasos unidos a la albumina del suero sanguíneo (originados en el tejido adiposo).
3. Cuerpos cetónicos (originados principalmente en el hígado). (Freer y Dove, 2002)

Los quilomicrones, liberados en el sistema linfático (desde donde pasa la sangre), migran al aparato de Golgi, en donde pueden unirse a glicoproteínas. Otros ácidos grasos, con diez o menos átomos de carbono, se transportan sin esterificar y pasan al torrente sanguíneo, unidos generalmente

a albúmina. Además, los quilomicrones, contienen fundamentalmente un tipo de proteína; la lipoproteína B-48; estos mismos, ayudan al transporte del colesterol y vitaminas liposolubles (A, D, E y K) ingeridas en la dieta (Cronje, 2000; Sejrsen *et al.*, 2008).

Los ácidos grasos producidos, con los ácidos grasos libres tomados de la sangre por el hígado, pueden catabolizarse para producir energía o emplearse en la síntesis de triglicéridos, estos últimos son resultado de la hidrólisis en el hígado de los quilomicrones circulantes en la sangre (McDonald y Greenhalgh, 1999; Cronje, 2000; Dijkstra, *et al.*, 2005 Sejrsen *et al.*, 2008).

En periodos de sub-alimentación o en la primera parte de lactancia, las vacas suplen su demanda energética movilizando los tejidos adiposos ya que la energía proveniente de la dieta no es suficiente. Los ácidos grasos de los triglicéridos almacenados en los tejidos adiposos (ubicados principalmente en el abdomen y encima de los riñones) son liberados hacia la sangre (Tinoco-Magaña *et al.*, 2012). Los ácidos grasos liberados son absorbidos por el hígado donde pueden ser utilizados como fuente de energía o pueden ser liberados hacia la sangre. El hígado no tiene una alta capacidad para formar y exportar lipoproteínas ricas en triglicéridos y los ácidos grasos excedentes movilizados son almacenados como triglicéridos en las células del hígado. La grasa depositada en el hígado hace difícil la formación de glucosa por el hígado. Esta condición ocurre principalmente en los primeros días de lactancia y puede llevar a desordenes metabólicos como cetosis e hígado graso (McDonald y Greenhalgh, 1999; Chiba, 2009).

Estos triacilgliceroles regresan a la sangre en forma de lipoproteínas, es así, como son transportadas a los distintos órganos y tejidos, o bien, para la producción de energía o ácidos grasos (Tinoco-Magaña *et al.*, 2012).

Los ácidos grasos catabolizados por enzima de las necesidades energéticas del hígado son transformados en β -hidroxibutirato y acetoacetato, estos son transportados a distintos tejidos donde son transformados en energía. Es así, que la mayor parte de energía producida en el organismo animal es proveniente de los ácidos grasos consumidos y sintetizados. La ruta de degradación más importante para la formación de energía es la β -oxidación que determina la reducción progresiva de la cadena molecular del ácido graso eliminándose 2 átomos de carbono en cada paso. Es así que, la primera de la β -oxidación es la reacción del ácido graso con la coenzima A, en presencia de ATP y acil graso-CoA ligasa, para la producción de acil-coenzima A. Esto ocurre en el citosol, y el acil graso-Co A se transfiere a la mitocondria formando un complejo con carnitina donde se regenera (Palavecino, 2002; Sejrsen *et al.*, 2008; Chiba, 2009).

De los depósitos de grasa, proceden los glicéridos de la sangre o pueden ser sintetizados en el organismo a partir de acil-Co A grasos y L-glicerol-3-fosfato (Chiba, 2009).

El ciclo de la β -oxidación es el encargado de transformar a los ácidos grasos producidos en la fase inicial de la digestión de las grasas en Acetil CoA, de tal manera que pueda entrar al ciclo de krebs para la consecuente formación de ATP y por consiguiente de energía. Se requieren de 2 ATP para iniciar el proceso de β -oxidación. Cada vez que se obtiene una molécula de Acetil CoA se forman 5 moléculas de ATP. Cada Acetil CoA que se forme en el proceso de β -oxidación, puede entrar al ciclo del TCA para formar 12 ATP más (McDonald y Greenhalgh, 1999; Palavecino, 2002).

El colesterol se sintetiza en muchos tejidos y se regula por inhibición de la retroalimentación a partir del colesterol tomado de las lipoproteínas del plasma (Nagata *et al.*, 2005).

El metabolismo de los lípidos ayuda al suministro de demanda energética por el animal, muchos componentes lípidos son esenciales para la función saludable del cuerpo. Estos incluyen el metabolismo del colesterol para formar la bilis ácidos y hormonas, además, ayuda al transporte de lípidos, ácidos grasos esenciales para la función de la membrana y como precursores de las prostaglandinas que proporcionan muchas funciones de regulación, y esfingolípidos como componentes esenciales células, membranas y tejido nervioso (Nagata *et al.*, 2005; Tinoco-Magaña *et al.*, 2012).

Sin embargo, se tiene que considerar el nivel de inclusión de ácidos grasos en la dieta debido a que, la capacidad de síntesis de los microorganismos del rumen es limitada, por lo que, cantidades mayores de lípidos en el rumen disminuyen la digestión, afectando la fermentación de los carbohidratos; y por consiguiente, disminuye el consumo de alimento por el animal (McDonald y Greenhalgh, 1999; Acero, 2007).

RESPUESTA REPRODUCTIVA A LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA

Las principales moléculas que participan en la transmisión de mensajes al hipotálamo de acuerdo al estado energético del animal son la insulina, IGF-I (Factor de Crecimiento Insulinico o Intrafolicular) y la leptina (Snyder *et al.*, 1999; Arroyo, 2011; Sánchez *et al.*, 2012). La leptina y la insulina regulan el balance energético del animal, actúan a nivel central inhibiendo la ingesta y activando el gasto de energía (Blache *et al.*, 2000). El IGF-I actúa directamente sobre neuronas secretoras de GnRH (Hormona liberadora de

la gonadotropina) afectando su síntesis, en tanto que, la insulina y leptina actúan sobre neuronas en el núcleo arcuato, las cuales hacen sinapsis con neuronas GnRH en el área preóptica medial (Smith, 1985; Blache *et al.*, 2000; Smith, 2006; Sánchez *et al.*, 2012). Como se muestra en la figura B. Además, la insulina y leptina, estimulan la síntesis de péptido, similar a la galanina y propiomelanocortina (POMC). Tanto galanina como los metabolitos de POMC (hormona estimulante principalmente de los melanocitos), incrementan la síntesis de GnRH (Backholer *et al.*, 2010).

Los AG poliinsaturados son responsables del aumento en las concentraciones de insulina en suero sanguíneo (Funston, 2004).

La leptina es una hormona compuesta por 146 aminoácidos y es sintetizada en el tejido adiposo (Quintero *et al.*, 2008). Un aumento del *status* metabólico de triglicéridos, estimulan al tejido adiposo a secretar leptina, la cual llega al sistema nervioso central, donde es transportada por el fluido cerebroespinal y afecta los centros que controlan el apetito y la reproducción (Ruiz, 2007; Backholer *et al.*, 2010); lo cual se explica porque, la leptina incrementa la expresión de kisleptina en neuronas del núcleo ARC (Smith, 2006). La Kisleptina por su parte, tiene un efecto positivo sobre la síntesis y secreción de GnRH (Brown *et al.*, 2008; Backholer *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 20012). En el caso de las ovejas, los receptores específicos para la leptina se encuentran en el hipotálamo, la hipófisis, las gónadas y la placenta (Ruiz, 2007) (véase figura 21).

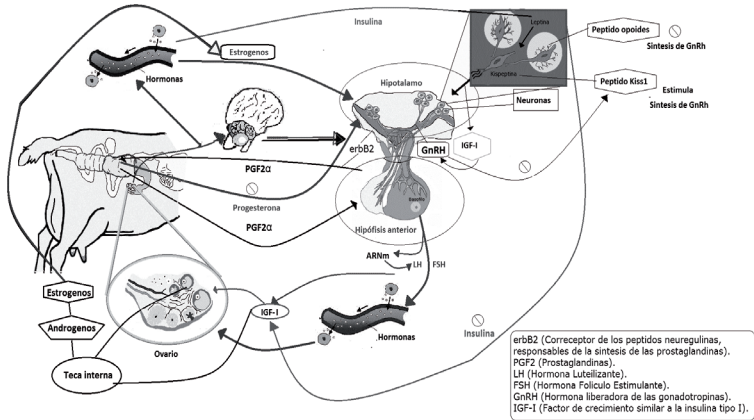
Los factores que determinan si un folículo inicia, continúa o termina en forma antral; involucran, la capacidad de respuesta a las gonadotropinas, la capacidad esteroidogénica y la presencia de factores de sobrevivencia y proliferación celular, tales como: IGF-I y VEGF (Snyder *et al.*, 1999; Arroyo, 2011; Rosales-Torres *et al.*, 2012).

Los rumiantes hidrogenan los AG poliinsaturados en el rumen, limitando la cantidad de AG insaturados para su absorción en el intestino delgado, sin embargo, es posible que algunos AG pasen intactos por el rumen y se absorban por el intestino delgado, pudiendo mejorar la eficiencia reproductiva (Ortega-Pérez *et al.*, 2012).

Algunos ácidos grasos tales como ácido linoleico, linolénico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico puede inhibir la síntesis de prostaglandina F₂α, a través de mecanismos tales como la disminución en la disponibilidad del ácido araquidónico (precursor de la prostaglandina F₂α), la competencia de ácidos grasos (ácido araquidónico) por la unión a la enzima prostaglandina H sintetasa, y la inhibición de la síntesis y actividad de la prostaglandina H Sintetasa (Smith, 1985; Smith, 2006).

Figura 21.

Respuesta reproductiva a la complementación energética en cabras [Adaptado de: Ruiz (2007); Ruíz-Mejía *et al.*, (2012); Sánchez *et al.*, (2012)]



De acuerdo con lo anterior, la cantidad de lípidos consumidos en la dieta están relacionados con los cambios en el patrón de fermentación ruminal, modificación plasmática de metabolitos lípidicos, incremento en la secreción de esteroides ováricos y otras hormonas involucradas de manera indirecta en los procesos reproductivos (Salas-Razo *et al.*, 2011).

Los AG poliinsaturados como el docosahexaenoico, eicosahexaenoico, araquidonico y linoleícos conjugados, son algunos ácidos grasos de cadena larga que pueden ser sintetizados por el cuerpo del animal a partir del ácido α -linolénico y linoleíco a través de varias etapas que implican desaturación y elongación (Mattos *et al.*, 2000; Ortega-Pérez *et al.*, 2012).

Algunos AG poliinsaturados de tipo omega-3 y omega-6 tienen un papel fundamental como moduladores de las reacciones inmunes y reproductivas en cabras, promoviendo con esto el reinicio temprano de la actividad ovárica posparto y la fertilidad (Savoini *et al.*, 2010; Ortega-Pérez *et al.*, 2012). Lo anterior puede explicarse gracias a que los ácidos grasos poliinsaturados a través de diferentes mecanismos de acción, controlan el desarrollo folicular ovárico, la producción de progesterona en el cuerpo lúteo y la secreción de PGF2 α del endometrio, favoreciendo la sobrevivencia embrionaria y las tasas de preñez (Hughes *et al.*, 2011; Ortega-Pérez *et al.*, 2012).

En algunas investigaciones *in vitro*, se ha demostrado que algunos AG de tipo omega-3 (eicosapentaenoico y docosahexenoico) disminuyen la biosíntesis de prostaglandinas de la serie 2 en células y tejidos. Así mismo, algunos isómeros del ácido linoleico conjugado inhiben la síntesis de PGF2 α . En consecuencia, la pérdida de embriones puede estar asociada con la incapacidad de inhibir la acción luteolítica de la PGF2 α , por lo que sobreviene la luteolisis, produciendo reabsorción y muerte embrionaria (Mattos *et al.*, 2000; Hughes *et al.*, 2011; Ortega-Pérez *et al.*, 2012). Sin embargo, al promover la secreción de PGF2 α durante el puerperio temprano se puede favorecer la involución uterina (Funston, 2004; Ortega-Pérez *et al.*, 2012). El útero libera PGF2 α en cada ciclo estral debido a la regresión de cada nuevo cuerpo lúteo, esto si la hembra no está embarazada, e inicia un nuevo ciclo; durante el periodo de regresión del cuerpo lúteo, las concentraciones de PGF2 α y progesterona están inversamente relacionadas (Funston, 2004).

De acuerdo con lo descrito anteriormente, la inclusión de ácidos grasos protegidos a la hidrólisis ruminal (como jabones de calcio de ácidos grasos), mejoran la fertilidad en hembras, teniendo efectos sobre el metabolismo energético, estimulando el desarrollo del folículo en el ovario y cuerpo lúteo (Adamiak *et al.*, 2006; Savoini *et al.*, 2010).

Así mismo, el incremento de la disponibilidad de ácidos grasos poliinsaturados en el intestino mejora positivamente el reinicio temprano de la actividad ovárica, además, la progesterona prepara el útero para la implantación del embrión y también ayuda a mantener el embarazo (Funston, 2004).

Las concentraciones plasmáticas de colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad y progesterona, se pueden incrementar cuando se utilizan fuentes de grasa de sobre paso, además, estas fuentes de ácidos grasos protegidos aumentan y mejoran la dinámica folicular y aceleran la actividad lútea en el posparto (Salas-Razo *et al.*, 2011). Lo anterior puede explicarse, debido a que, el colesterol sirve como precursor para síntesis de progesterona por el cuerpo lúteo (Funston, 2004; Ortega-Pérez *et al.*, 2012).

Salvador *et al.* (2009), reportaron el efecto de la grasa sobre niveles altos de colesterol sanguíneo, donde se encontró una mejora en el porcentaje de animales gestantes. Sin embargo, según Morand-Fehr, (2005), el uso excesivo de energía en la alimentación de bovinos puede ser perjudicial durante las primeras etapas de gestación.

Estudios realizados con hembras lactantes durante el primer tercio de la lactancia, demuestran que, las hembras lactantes entran en un balance

energético negativo, lo que trae como consecuencia, bajo consumo alimenticio, pérdidas acentuadas de peso y condición corporal, y por consecuente, la capacidad productiva y reproductiva en la hembra lactante se ve afectada (Salvador *et al.*, 2009; Savoini *et al.*, 2010; Heuwieser, 2012).

Además, la condición corporal del animal es un condicionante sobre la actividad reproductiva de los animales, debido a que, el animal utiliza las reservas de energía que se sintetiza en los depósitos de grasa de reserva para cumplir distintas funciones en el organismo, como la energía utilizada para la digestión de los alimentos; por lo cual, la actividad reproductiva se ve afectada provocando la prolongación del estro posparto, disminución de la síntesis concentración y secreción de GnRh (Hormona reguladora de las gonadotropinas) y por consecuente la reducción de los pulsos de LH (Hormona Luteilizante) y FSH (Hormona Folículo Estimulante), lo que bloquea la maduración folicular, la ovulación; en conclusión, todo el ciclo reproductivo (Sánchez *et al.*, 2012).

La suplementación con grasas puede aumentar la producción de glucosa a través de una mayor producción de propionato. Este aumento de glucosa, estimula a la liberación de LH y por consecuente, un incremento en el crecimiento programado de folículos preovulatorios, un aumento en su tamaño, y por consecuente, la ovulación de folículos más grandes que forman un mayor cuerpo lúteo, y como resultado de esto, una mayor producción de progesterona, que se asocia con mayores tasas de concepción (Mattos *et al.*, 2000; Funston, 2004).

El desarrollo folicular en vacas, borregas y cabras durante el ciclo estro, se da en un patrón de olas foliculares, los grupos de folículos inician su crecimiento en respuesta a la elevación de FSH, pero solo algunos (borregas y cabras) o uno (vacas) será seleccionado como dominante y ovulará, si su dominancia coincide con la lisis del CL (cuerpo lúteo) y la reducción de progesterona (Rosales-Torres *et al.*, 2012).

La manipulación de los ácidos grasos en la dieta pueden alterar el desarrollo folicular ovárico, producción de progesterona, supresión de señales lutéicas en torno al reconocimiento materno de la preñez y mejoramiento de la calidad del ovocito del embrión (Mattos *et al.*, 2000; Funston, 2004; Bertot, 2007; Ortega-Pérez *et al.*, 2012).

La inclusión en la dieta de ácidos grasos poliinsaturados como los ácidos grasos de tipo omega-3 y omega-6 afectan positivamente la calidad del ovocito y desarrollo del embrión. Además los ácidos grasos de tipo omega-3 aumentan el fluido folicular de progesterona, y en conjunto con los ácidos grasos de tipo omega-6 mejoran el desarrollo embrionario. También, se ha demostrado que en el suero sanguíneo, la albumina es la única

fracción que conduce a la absorción neta de ácidos grasos durante el cultivo de embriones (Hughes *et al.*, 2012).

En consecuencia, la pérdida de la calidad del ovocito y del embrión son dos problemas de gran importancia en la reproducción de rumiantes (LeRoy *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Para que el embrión se desarrolle de forma adecuada se debe prevenir la luteolisis, por lo cual es necesaria la producción suficiente de interferon τ . El interferon τ estimula la expresión de genes en el endometrio para inhibir la síntesis de receptores de oxitocina y la producción final de PGF2 α , permitiendo de esta manera la permanencia del cuerpo lúteo (Bott *et al.*, 2010).

El contenido de algunos AG en particular los fosfolípidos de la membrana celular, se relacionan con la competencia y calidad del ovocito y del embrión (Santos *et al.*, 2008), esto se debe a que, los AG desempeñan un papel importante como fuentes de energía, tanto como para los ovocitos como para el embrión en etapas iniciales de su desarrollo (Sturmey *et al.*, 2009).

Fouladi-Nashta *et al.* (2009), en su trabajo de investigación, encontró un efecto mínimo en la calidad de los ovocitos y ningún efecto en el desarrollo de la etapa blastocito, al suplementar vacas lecheras con 3 fuentes de ácidos grasos poliinsaturados ricos en omega-3 y omega-6. Por lo contrario, Child's *et al.* (2008), alimentaron vacas con una dieta enriquecida con AG poliinsaturados de tipo omega-3 observando un número menor de embriones degradados.

Hughes *et al.* (2011), demostraron que los AG de tipo omega-3 aumentan el fluido folicular de progesterona así como, ejercen un efecto diferencial mayor en el desarrollo embrionario que cualquiera de las lipoproteínas de baja densidad.

Los AG pueden ser oxidados para usarse como fuente de energía durante la maduración del ovocito y durante el periodo de desarrollo embrionario previo a la implantación (Ferguson y Leese, 2006; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

Sutton-McDowall *et al.* (2012), en su trabajo de investigación, evaluaron la influencia de la L-carnitina sobre el desarrollo de embriones bovinos; encontrando que la L-carnitina aumento el número de embriones que alcanzaron la fase morular. De acuerdo a lo anterior, la L-carnitina es un cofactor β -oxidante ausente en la mayoría de los medios de cultivo.

De una manera similar Marei *et al.* (2010), observaron bajo condiciones *in vitro*, que el ácido linoleico (omega-6) inhibió la expansión de las células del cumulus, retrasando el desarrollo del ovocito hasta la metafase II y redujo la producción de blastocitos.

En resumen, la grasa sobrepasante representa una alternativa para mejorar la producción y la eficiencia reproductiva en rumiantes (Salvador *et al.*, 2009; Savoini *et al.*, 2010). Además, la suplementación con lípidos influye positivamente en la función reproductiva en varios tejidos importantes como el hipotálamo, la glándula pituitaria, el ovario y el útero (Funston, 2004; Savoini *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2012).

Dietas con un contenido mayor al 6 % de grasa dietética (12 %), incrementan la respuesta inmunológica de la cabra y la proporción de ácidos grasos poliinsaturados y monosaturados en leche (Kouakou *et al.*, 2009). Sin embargo en bovinos, dietas altas en grasa pueden disminuir el consumo de alimento, además, un incremento excesivo en las reservas corporales de grasa pueden ser perjudiciales en la reproductividad del animal (Acero, 2007).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ACERO, R.A. 2007. *Evaluación de dos estrategias de Alimentación en Ganado Caprino: Vigorización Energética (Flushing) en Hembras Reproductoras*. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad de Puerto Rico.
- ADAMIAK, S.J., Powell, K., Rooke, J.A., Webb, R., Sinclair, K.D. 2006. "Body composition, dietary carbohydrates and fatty acids determine post-fertilisation development of bovine oocytes in vitro", *Reproduction*. 131: 247-258.
- ARROYO, J., 2011. "Estacionalidad reproductiva de la oveja en México", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 829-845.
- BACKHOLER, K., Smith, J.T., Rao, A., Pereira, A., Iqbal, J., Ogawa, S., Li, Q., Clarke, L.J. 2010. "Kisspeptin cells in the ewe brain respond to leptin and communicate with neuropeptide Y and proopiomelanocortin cells", *Endocrinology*. 151: 2233-2243.
- BERTOT, J., Marshall, W., Garay, M., Santiesteban, D. 2007. *Evaluación de la condición corporal en ovejas*. Curso-Taller Internacional Producción Sostenible de Ovino-Caprino. Universidad de Camagüey, Cuba.
- BLACHE, D., Tellam, R.L., Chagas, L.M., Blackberry, M.A., Vercoe, P.E., Martin, G.B. 2000. "Level of nutrition affects leptin concentrations in plasma and cerebrospinal fluid in sheep", *Journal of Endocrinology*. 165: 625-637.

- BOTT, R.C., Ashley, R.L., Henkes, L.E., Antoniazzi, A.Q., Bruemmer, J.E., Niswender, G.D., Bazer, F.W., Spencer, T.E., Smirnova, N.P., Anthony, R.V., Hansen, T.R. 2010. "Uterine vein infusion of interferon Tau (IFNT) extends luteal life span in ewes", *Biology of Reproduction*. 82: 725-735.
- BROWN, R.E., Imran, S.A., Ur, E., Wilkinson, M. 2008. "Kiss-1mRNA in adipose tissue is regulated by sex hormones and food intake", *Molecular and Cellular Endocrinology*. 281: 64-72.
- CHIBA, L.I. 2009. *Animal Nutrition Handbook. Second Revision*. 548 pg.
- CHILDS, S., Hennessy, A.A., Sreenan, J.M., Wathes, C., Cheng, Z., Stanton, C., Diskin, M.G., Kenny, D.A. 2008. "Effect of level of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on systemic and tissue fatty acid concentrations and on selected reproductive variables in cattle", *The rriogenology*. 70: 595-611.
- CRONJE, P.B. 2000. *Ruminant Physiology Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. CABI Publishing. 474 p.
- DIJKSTRA, J., Forbes, J.M., France, J. 2005. *Quantitative Aspects of Ruminant Diegstion and Metabolism*. Second edition. CABI Publishing. 734 g.
- DOPPENBERG, J., Van der Aar, P. 2010. *Dynamics in Animal Nutrition*. Wageningen Academic Publihers. 204 p.
- DUARTE-VERA, F., Sandoval-Castro, C.A., Sarmiento-Franco, L.A., Tedeschi, L.O., Santos-Ricalde, R. 2012. "Energy and protein requirements of growing pelibuey sheep under tropical conditions estimated from a literature database analyses", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15: 97-103.
- ELIZONDO-SALAZAR, J.A. 2008. "Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. I. Energía metabolizable", *Agronomía Mesoamericana. Redalyc*. 19 (1): 115-122.
- FERGUSON, E.M., Leese, H.J. 2006. "A potential role or triglyceride as an energy source during bovine oocyte maturation and early embryo development", *Molecular Reproduction and Development*. 73: 1195-1201.
- FITZ-RODRÍGUEZ, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzib, R.J., Malpauxb, B., Delgadillo, J.A., 2009. "Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect", *Animal Reproduction Science*. 116: 85-94.
- FOULADI-NASHTA, A.A., Wonnacott, K.E., Gutierrez, C.G., Gong, J., Sinclair, K.D., Garnsworthy, P.C., Webb, R. 2009. "Oocyte quality in lactating dairy

- cows fed on high levels of n-3 and n-6 fatty acids”, *REPRODUCTION*. 138: 771-781.
- FREER, M., Dove, H. 2002. *Sheep Nutrition*. CAB International. 385 p.
- FUNSTON, R.N. 2004. “Fat supplementation and reproduction in beef females”, *J ANIM SCI*. 82: 154-161.
- Heuwieser, W. 2012. *Equilibrio energético negativo y cetosis subclínica y su relación con la salud y reproducción de los animales. ¿Qué se puede hacer en la práctica?*, XVII Congreso Internacional ANEMBE de Medicina Bovina. pp. 27-31.
- HINTON, D.G. 2007. *Supplementary Feeding of Sheep and Beef Cattle*. Second edition. Land Links. 91 p.
- HUGHES, J., Kwong, W.Y., Li, D., Salter, A.M., Lea, R.G., Sinclair, K.D. 2011. “Effects of omega-3 and -6 polyunsaturated fatty acids on ovine follicular cell steroidogenesis, embryo development and molecular markers of fatty acid metabolism”, *Reproduction*. 141: 105-118.
- KOUAKOU, B., Lee, J. H., Kannan, G. 2009. “Effects of high soybean oil for goats in late lactation on intake, milk composition and fatty acid profile”, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 11: 233-236.
- LEROY, J.L.M., Opsomer, G., Van Soom, A., Goovaerts, I.G.F, Bols, P.E.J. 2008. “Reduced fertility in high-yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger? Part I: the importance of negative energy balance in high-yielding dairy cows and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte and embryo quality in highyielding dairy cows”, *Reproduction in Domestic Animals*. 43: 612-622.
- MAREI, W.F., Wathes, D.C. and Fouladi-Nashta, A.A. 2010. “Impact of linoleic acid on bovine oocyte maturation and development”, *Reproduction*. 139: 979-988.
- MARTÍNEZ-MARÍN, A.L., Pérez-Hernández, M., Pérez-Alba, L.M., Carrión-Pardo, D., Gómez-Castro, A.G. 2012. “Adición de aceites vegetales a la dieta de cabras lecheras: Efecto sobre la digestibilidad y los resultados productivos”, *Arch. Med. Vet*. 44: 21-28.
- MATTOS, R., Staples, C.R., Thatcher, W.W. 2000. “Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants”, *Reviews of Reproduction*. 5: 38-45.
- MCDONALD, E. G. M. 1999. *Nutricion Animal*. Acribia, Editorial, 5ª Edición. 576 p.
- MORAND-FEHR, P. 2005. “Recent developments in goat nutrition and application: A review”, *Small Ruminant Research*. 60: 25-43.

- NAGATA, C., Nagao, Y., Shibuya, C., Kashiki, Y., Shimizu, H. 2005. "Fat Intake Is Associated with Serum Estrogen and Androgen Concentrations in Postmenopausal Japanese Women", *J. Nutr.* 135: 2862-2865.
- ORTEGA-PÉREZ, R., Espinoza, J.L., Palacios, A.E., Arjona, O., Palacios, E.M. 2012. "Los ácidos grasos de la dieta afectan la fisiología reproductiva en la hembra bovina: una revisión", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15: 30-30.
- Palavecino, N. 2002. *Nutricion para el Alto Rendimiento*. Ciencias de la salud. Libros en Red.
- QUINTERO, J.C. *et al.*, 2008. "Efectos de la leptina en el inicio de la pubertad en animales machos", *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 21: 97-108.
- RAMÍREZ-LOZANO, R.G. 2008. *Nutrición de caprinos en pastoreo*. Ed. Trillas. México. 187-196.
- ROSALES-TORRES, A.M., Sánchez, A.G., Aguilar, C.G. 2012. "Follicular development in domestic ruminants", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15: 147-160.
- RUIZ, R. 2007. *El flushing como estrategia nutricional para mejorar la eficiencia reproductiva en pequeños rumiantes*. Taller internacional en laparoscopia en ovinos y caprinos. Bucaramanga.
- RUIZ-MEJÍA, A.F., Mockus-Sivickas, I. 2012. "Current concepts regarding mechanisms regulating puberty", *Rev.Fac.Med.UNAL*. 60(1): 50-59.
- SALAS-RAZO, G., Herrera-Camacho, J., Gutiérrez-Vázquez E., Ku-Vera, J.C., Aké-López, J.R. 2011. "Reinicio de la actividad ovárica posparto y concentración plasmática de metabolitos lípidos y progesterona en vacas suplementadas con grasa de sobrepaso", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 385-392.
- SALVADOR, A., Alvarado, C., Contreras Solis, I., Betancourt, R., Gallo, J., Caigua, A. 2009. "Efecto de la alimentación con grasa sobrepasante sobre la producción y composición de leche de cabra en condiciones tropicales", *Zootecnia Trop*. 27(3): 285-298.
- SÁNCHEZ, A.G., Rosales-Torres, A.M., Gutiérrez-Aguilar, C.G., 2012. "Neuroendocrine effects of insulin, IGF-I and leptin on the secretion of the gonadotropin-releasing hormone (GnRH)", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15: 79-90.

- SANTOS, J.E.P., Bilby, T.R., Thatcher, W.W., Staples, C.R., Silvestre, F.T. 2008. "Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle", *Reproduction in Domestic Animals*. 43: 23-30.
- SAVOINI, G., Agazzi, A., Invernizzi, G., Cattaneo, D., Pinotti, L., Baldi, A. 2010. "Polyunsaturated fatty acids and choline in dairy goats nutrition", *Production and health benefits. Small Ruminant Research*. 88: 135-144.
- SEJRSEN, K., Hvelplund, T., Nuelsen, M.O. 2008. *Ruminant physiology Digestion, Metabolism and Impact of nutrition on gene expression, immunology and stress*. Wageningen Academic Publishers. 600 p.
- SMITH, J.F. 1985. *Genetics of Reproduction in Sheep*. London. 349 p.
- SMITH, J.T., Clifton, D.K., Steiner, R.A., 2006. "Regulation of the neuroendocrine reproductive axis by kisspeptin-GPR54 signaling", *Reproduction*. 131: 623-630.
- SNYDER, J.L., Clapper, J.A., Roberts, A.J., Sanson, D.W., Hamernik, D.L., Moss, G.E. 1999. "Insuline-like growth factor-I, insulin-like growth factor-binding proteins, and gonadotropins in the hypothalamic-pituitary axis and serum of nutrient-restricted ewes", *Biology of Reproduction*. 61: 219-224.
- STURMEY, R.G., Reis, A., Leese, H.J. and McEvoy, T.G. 2009. "Role of fatty acids in energy provision during oocyte maturation and early embryo development", *Reproduction in Domestic Animals*. 44: 50-58.
- SUTTON-McDOWALL, M.L., Feil, D., Robker, R.L., Thompson, J.G., Dunning, K.R. 2012. "Utilization of endogenous fatty acid stores for energy production in bovine preimplantation embryos", *Theriogenology*. 77: 1632-1641.
- TINOCO-MAGAÑA, J.C., Aguilar-Pérez, C.F., Delgado-León, R., Magaña-Monforte, J.G., Ku-Vera, J.C., Herrera-Camacho, J. 2012. "Effects of energy supplementation on productivity of dual-purpose cows grazing in a silvopastoral system in the tropics", *Trop Anim Health Prod*. 44: 1073 - 1078.

IMPORTANCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN MINERAL A RUMIANTES ALIMENTADOS A BASE DE FORRAJES

ROLANDO ROJO-RUBIO^{a*}, JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ-ARMIJO^a, F. Z. SALEM-A.^b,
GERMÁN DAVID MENDOZA-MARTÍNEZ^c, JAVIER ARECE-GARCÍA^d,
ERNESTO JOEL DORANTES-CORONADO^a, AGUSTÍN OLMEDO-JUÁREZ^a

RESUMEN

Uno de los principales problemas que limitan la producción pecuaria en muchas áreas del mundo es el estado nutricional de los animales. En regiones donde el ganado depende exclusivamente de los pastos nativos o mejorados como base de su alimentación, los animales frecuentemente son incapaces de llenar sus necesidades alimenticias durante algunas épocas del año. Aunado a esto, normalmente los productores pecuarios de las zonas tropicales o subtropicales no suplementan a su ganado en pastoreo con minerales, con la posible excepción de sal común (NaCl), lo que trae consigo una baja producción. De acuerdo con la mayoría de los autores, los principales factores que limitan el comportamiento productivo de los animales en pastoreo son el bajo contenido de proteína y energía de los pastos, debido al alto contenido de fibra en los forrajes, y deficiencias de minerales o vitaminas. Sin embargo, se ha observado que algunas veces el ganado continúa en la misma condición deteriorada, aún cuando el suministro del alimento es abundante. Los desbalances de minerales (deficien-

^a Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. ^b Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. ^c Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

^d Estación Experimental de Pastos y Forrajes, Indio Hatuey, Cuba. *Autor para correspondencia

cias o excesos) en suelos y forrajes han sido considerados como los responsables de la baja productividad de los rumiantes en los trópicos; bajo ésta situación, es importante conocer el papel que desempeñan los minerales en el sistema de producción (suelo-planta-animal). Problemas tales como pérdida o despigmentación del pelo, desórdenes cutáneos, pérdida de apetito, en conjunto con otros aspectos como anomalías de los huesos, tetanias, apetito depravado, baja fertilidad, retenciones placentarias (véase figura 22), abortos no infecciosos, anemias, diarreas y muertes súbitas, son signos clínicos comúnmente asociados con deficiencias de minerales en las zonas tropicales (Conrad *et al.*, 1978). En este sentido en el presente capítulo se pretende plasmar la importancia que tiene la suplementación mineral completa en la eficiencia productiva de los rumiantes alimentados a base de recurso forrajeros dando especial énfasis en bovinos de doble propósito, ovinos y caprinos.

Figura 22
Cabra con retención placentaria, típica deficiencia de minerales



Cortesía del Dr. Rojo RR. Región del Sur Poniente del Estado de México

**ELEMENTOS MINERALES DE MAYOR
IMPORTANCIA EN LA NUTRICIÓN ANIMAL**

En la actualidad, se cree que 22 elementos minerales son los esenciales para la producción animal. Estos incluyen 7 elementos mayores o macro elementos: calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), sodio, (Na), cloro (Cl),

magnesio (Mg) y azufre (S); y 15 elementos menores o micro elementos, hierro (Fe), yodo (I), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), cobalto (Co), molibdeno (Mo), selenio (Se), fluor (F), vanadio (V), arsénico (As), cromo (Cr), silicio (Si), níquel (Ni) y estaño (Sn), siendo la esencialidad de los 7 últimos basada únicamente en efectos sobre el crecimiento de animales en condiciones altamente especializadas, sin haberse demostrado ninguna importancia práctica en la nutrición de rumiantes en pastoreo. Por otro lado, debemos tener presente que los problemas de minerales no siempre se refieren a casos de deficiencias, ya que niveles tóxicos de elementos tales como aluminio (Al), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg) y aún de aquellos esenciales como Cu, F, Mo y Se pueden limitar la producción animal en determinadas regiones (Church, 1976).

ELEMENTOS MINERALES MÁS LIMITANTES EN LAS ZONAS TROPICALES Y SUBTROPICALES

Calcio (Ca)

Participa en la coagulación de la sangre, impulso nervioso, contracción muscular, secreción pancreática y gástrica, permeabilidad de membranas, estabilidad proteica y enzimática (Carafoli y Crampton, 1978; Georgievskii, 1982), se absorbe principalmente en forma iónica en el píloro e intestino delgado por mecanismos de difusión y transporte activo. La vitamina D es requerida para mantener el transporte activo aunque la absorción también ocurre por difusión pasiva (NRC, 1988). La deficiencia de Ca no es fácil que ocurra en los bovinos en pastoreo en el trópico, en general, el contenido de Ca es adecuado para la mayoría de los pastos (0.5-1.0 % de la M.S., con un nivel óptimo de 4 - 6 g/kg de MS) aunque el pobre crecimiento del forraje usualmente es causado por un exceso de Mn, Fe o Al soluble (Barradas, 1980). Sin embargo, cuando ésta se manifiesta, se presentan: bajas ganancias de peso, baja digestibilidad de los nutrientes, bajo nivel de Ca en sangre (menos de 100 microgramos de Ca/100 ml de suero), fragilidad ósea, y en algunos casos tetania (Pond *et al.*, 1980). En la práctica el exceso de Ca es raro, los animales pueden tolerar una relación Ca: P en la dieta de hasta 7:1 (NRC, 1989), siempre que el nivel de P sea el adecuado. Sin embargo, debe recordarse que un exceso puede causar una deficiencia de P, Mg, Zn, Cu, Fe, I y Mn por reducir su absorción en el intestino (Georgievskii, 1982).

Alrededor del 99 % del Ca almacenado en el cuerpo del animal se halla en el esqueleto como constituyente de los huesos y los dientes. El Ca se halla presente en la sangre, en su mayor parte en el plasma (extracelular), en una concentración de alrededor de 10 mg/dL, y existe en tres estados: como ion libre (60 %), ligado a una proteína (35 %) o formando complejos con ácidos orgánicos como citrato o con ácidos inorgánicos como fosfato (5-7 %). La función más obvia del Ca es como componente estructural del esqueleto. Un incremento de la concentración plasmática de Ca hace que las "células C" de la glándula tiroides liberen calcitonina, una hormona que disminuye el Ca plasmático al inhibir la reabsorción ósea. De esta manera, los factores dietéticos que afectan la absorción de Ca afectan el sistema endocrino como respuesta directa a la cantidad de Ca que llega a la sangre proveniente del tracto gastrointestinal. La cantidad de Ca que se absorbe en el tracto gastrointestinal depende de la cantidad ingerida y la proporción absorbida. Conforme aumenta el porcentaje de Ca en la dieta, la proporción absorbida tiende a declinar. El Ca controla la excitabilidad de los nervios y los músculos. Concentraciones de Ca^{2+} mayores que lo normal tienen el efecto opuesto en los nervios y los músculos; es decir, éstos se hacen hipooxitables. Las tres vías principales de excreción de Ca son el excremento, la orina y el sudor. En animales jóvenes en crecimiento una deficiencia simple de Ca resulta en raquitismo; en adultos, la enfermedad se conoce como osteomalacia. En cada caso hay reblandecimiento de los huesos y con frecuencia se deforma a causa de la falta de calcificación de la matriz cartilaginosa. Una deficiencia grave de Ca podría producir hipocalcemia, lo que resulta en tetania y convulsiones (Church 1976).

Fósforo (P)

Es un elemento esencial para el desarrollo del esqueleto, crecimiento, reproducción y transferencia de energía (NRC, 1980). Sin embargo es el nutriente potencialmente más limitante en los ecosistemas agrícolas (Black, 1968). En rumen, es requerido por los microorganismos para la fermentación del forraje (Komizarczuk *et al.*, 1970) y para la síntesis de proteína microbiana. Del 75 a 80 % del P se encuentra en esqueleto, mientras que en sangre sólo hay un 0.4% del total. Los sitios principales de absorción son el duodeno y yeyuno, por medio de difusión simple y transporte activo, este mecanismo es variable con la edad del animal (ARC, 1980). En las plantas, el P se encuentra en forma de fitatos y como P inorgánico, nutricionalmente los fitatos son los más importantes, pues son altamente disponibles para los microorganismos del rumen (Minson, 1990). Los requerimientos

de P varían dependiendo del estado fisiológico del animal y de su nivel de producción. En bovinos para carne con peso vivo (PV) de 200 a 600 kg y ganancia diaria de peso (GDP) de 0 a 1 kg varían de 0.8 a 2.5 g P/kg de MS, mientras que para vacas en producción con PV de 400 a 600 kg y producción de leche de 0 a 30 kg/día varían de 1.4 a 4.3 g P/kg MS (Larsen, 1967). Por lo general, en la mayoría de los pastizales de países tropicales, el suelo y las plantas son bajos en P. En este sentido, la mayor parte del tiempo los forrajes contienen menos del 0.15% de P. Cantidades altas de Fe y Al en el suelo acentúan las deficiencias de P dado que forman complejos insolubles de fosfatos (McDowell *et al.*, 1984). Las deficiencias de calcio y fósforo pueden ser prevenidas o superadas con el tratamiento directo al animal (fosfatos minerales), con una suplementación en la dieta o en el agua de bebida (fosfatos solubles) o indirectamente mediante uso de fertilizantes fosfatados (Carafoli y Crampton, 1978). Este elemento es un componente de los fosfolípidos, que son importantes en el transporte y metabolismo de los lípidos y la estructura de las membranas celulares. El P interviene en el metabolismo energético como un componente del adenosinmonofosfato (AMP), el adenosindifosfato (ADP) y el adenosintrifosfato (ATP) y de la fosfocreatina. El P es un componente en forma de fosfato del ARN y el ADN, los constituyentes vitales de las células que se requieren para la síntesis de proteína. La mayor parte de la excreción de P la efectúan el riñón, y la excreción renal es el principal medio regulador de la concentración de P sanguíneo. Un exceso de P dietético resulta en hiperparatiroidismo secundario nutricional que se manifiesta en una reabsorción ósea excesiva, (osteodistrofia fibrosa) que podría resultar en cojera y fracturas espontáneas de los huesos largos, en muchas ocasiones animales con deficiencia de fósforo resulta en expresiones de apetito depravado (véase figura 23).

Magnesio (Mg)

El Mg se distribuye ampliamente en el cuerpo y, con excepción del Ca y el P, se le halla en el cuerpo en mayor cantidad que cualquier otro mineral. Alrededor de la mitad del Mg corporal se halla en el hueso a una concentración del 0.5 al 0.7 % de la ceniza ósea. En los tejidos blandos, el Mg se concentra dentro de las células; la mayor concentración se halla en el hígado y el músculo esquelético. El Mg es necesario para el desarrollo normal del esqueleto como un constituyente del hueso; las mitocondrias del músculo cardíaco y probablemente las de otros tejidos lo necesitan para efectuar la fosforilación oxidativa. El examen de las funciones del Mg demuestra

Figura 23
Deficiencia de fósforo en cabras,
exhibe apetito depravado



Cortesía del Dr. Rojo RR. Región del Sur Poniente del Estado de México.

con claridad que su metabolismo es complejo y variado. La absorción en el conducto gastrointestinal ocurre en su mayor parte en el ileon. (Church, 1976). La concentración de Mg en los glóbulos rojos, se reduce lo mismo que la concentración de Mg del plasma pero la disminución es más gradual y alcanza el 50 % de los valores testigo mas tarde en comparación del Mg plasmático. En los animales deficientes de Mg hay una disminución del K tisular y un aumento de Ca y el Na tisulares. La toxicosis por Mg en los animales incluye baja ingestión de alimento, diarrea, pérdida de reflejos y restricción cardiorrespiratoria.

Potasio (K), Sodio (Na). Cloro (Cl)

El Na y Cl, actúan en el mantenimiento de la presión osmótica y la regulación del equilibrio ácido-base en el organismo. Estos elementos funcionan como electrolitos en el fluido corporal y están relacionados con el metabolismo del agua a nivel celular, toma de nutrientes y transmisión de impul-

sos nerviosos (McDowell, 1984), el Na además es necesario para el crecimiento de las bacterias ruminales (Minson, 1990). El Cl es necesario para la formación de ácido clorhídrico (McDowell, 1984). Las concentraciones de Na varían de 1-2 g/kg de peso en la canal más una reserva en el rumen, el cual puede ser usado cuando la dieta contiene bajos niveles de Na. (Minson, 1990). El requerimiento recomendado para animales en pastoreo de ambos elementos es de 0.04-0.18%, siendo éste último para vacas lecheras (McDowell, 1984). Una deficiencia de Na reduce la absorción de Mg e incrementa la incidencia de hipomagnesemia. Generalmente, se ha aceptado que se disminuye el apetito por una deficiencia de Na. Minson, (1990), reporta una disminución en el consumo voluntario de 3-8%, en novillos cuando la dieta contenía bajos niveles de Na. Otro signo de deficiencia de ambos elementos, es el ansia por la sal demostrado por el lamer la madera, tierra, sudor de otros animales, y consumo de orina; éstas deficiencias se pueden dar más a menudo bajo condiciones tropicales, ya que las especies forrajeras normalmente no contienen suficiente cantidad de Na. Esta insuficiencia es fácilmente superada cuando suministramos sal común ad libitum (McDowell, 1984). Los tres minerales se tratan juntos ya que todos son electrolitos son importantes para mantener la presión osmótica en los líquidos extra e intra celulares y el equilibrio ácido básico. Asimismo, cada uno tiene sus propias funciones especiales que se estudian por separado, (Church, 1976). El K se halla principalmente en el interior de las células (alrededor del 90 % del K corporal es intracelular) y se intercambia fácilmente con el líquido extracelular. Por otra parte, el Na se presenta de modo predominante en el líquido extracelular y menos del 10 % se encuentra dentro de las células. El K sirve para mantener el equilibrio ácido básico del cuerpo; es necesario en las reacciones enzimáticas que incluyen fosforilación de la creatina y se requiere para la actividad de la piruvato cinasa. El K facilita la captación de los aminoácidos neutros por las células y afecta el metabolismo de los carbohidratos al afectar la entrada de la glucosa a las células (Church 1976). El Cl es secretado en grandes cantidades en el estomago. El Na se secreta en el intestino delgado proximal, y K de manera principal en el ileon y el intestino grueso. Los tres iones son absorbidos por procesos pasivos y activos. E Na y el K atraviesan la mucosa por transporte activo en el intestino, pero en el estomago lo hacen en gran parte por difusión, en tanto que el Cl es transferido por procesos activos en el estomago y el intestino superior, pero en el intestino grueso lo es por difusión pasiva (Church, 1976).

Hierro (Fe)

Por más de 100 años el hierro se ha reconocido como un nutriente necesario para los animales. A pesar de este hecho, la deficiencia de Fe continúa siendo una enfermedad común que afecta casi la mitad de la población humana en algunas regiones del mundo y persiste como un problema importante en la producción ganadera. Los análisis de la información sobre el metabolismo y la nutrición Fe son numerosos. Del 60 al 70 % se halla en la hemoglobina de los eritrocitos o glóbulos rojos y en la mioglobina de los músculos; el 20 % se almacena en forma lábiles en el hígado, el bazo y otros tejidos y esta disponible para la formación de hemoglobina; el restante 10 a 20 % se encuentra fijado firmemente en formas no aprovechables en los tejidos como componentes de la miosina y la actinmiosina musculares y como constituyente de algunas enzimas y asociado con metaloenzimas. El Fe se almacena en el hígado, el bazo y la médula ósea en forma de un complejo de Fe-proteína, la ferritina, y como un componente de la hemosiderina. La ferritina puede considerarse como la forma soluble de almacenamiento de Fe y la hemosiderina como la forma insoluble. En condiciones normales, y en la deficiencia de Fe, el Fe se almacena en las dos formas en cantidades aproximadamente iguales, pero en exceso de Fe, predomina el Fe en forma de hemosiderina (Church 1976). El Fe se absorbe sólo en el duodeno en el estado ferroso (Fe^{2+}), y por lo general únicamente en una proporción del 5 al 10 %. El cuerpo retiene con tenacidad el Fe absorbido para volver a utilizarlo. La absorción de Fe es más grande en los animales cuyo Fe se ha agotado que en los animales que reciben cantidades adecuadas de Fe, y la cantidad absoluta de Fe absorbido aumenta cuando el tamaño de una dosis oral se incrementa, pero el porcentaje de absorción disminuye. El Fe corporal es retenido con tenacidad. El Fe fecal en su mayor parte Fe dietético no absorbido, pero una pequeña cantidad (0.3-0.5 mg/kg en los humanos) se pierde por medio de la bilis y las células de la mucosa intestinal que se descaman. Aun cuando se inyecte Fe, muy poco de este se excreta ya sea en el excremento o la orina, aunque hay una pérdida de Fe urinario cuando se administra Fe parenteral en una cantidad que excede la capacidad fijadora de Fe del plasma o cuando se administran agentes quelatantes. El Fe se almacena en el interior de las células del hígado, el bazo, la médula ósea y otros tejidos en forma de ferritina y hemosiderina en cantidades aproximadamente iguales. El ritmo de renovación del Fe en el plasma es muy rápido; alrededor de diez veces la cantidad de Fe del plasma en cualquier momento es transportada cada día. La mayor parte de esto se utiliza para la síntesis de hemoglobina. El signo mas co-

mún de deficiencia del Fe es una anemia microcítica hipocrómica, que se caracteriza por eritrocitos mas pequeños que los normales y con una cantidad de hemoglobina inferior a lo normal. La anemia por una deficiencia de Fe es problema común en los animales recién nacidos a causa de las transferencias placentarias y mamarias insuficientes. Las crías de ovejas y vacas también se vuelven anémicas si se alimentan exclusivamente de leche. Las terneras y terneros para carne tienen músculos pálidos a causa de los bajos contenidos de mioglobina sanguínea. Esta es una característica deseada de la carne de ternera en la mayor parte de los mercados y ha dado origen a la práctica de administrar sustitutos de leche bajos en Fe. El Fe participa en varios pasos de la síntesis y la degradación de las aminos biógenas. Las cuales tienen relación con el comportamiento. La relación por la deficiencia de hierro y los cambios conductuales que podrían acompañarla resulta de interés en los seres humanos y es posible que tenga consecuencias en los animales. La intoxicación crónica por Fe causa diarrea y reducción del crecimiento y de la eficiencia de la utilización del alimento y puede producir signos de deficiencia de P. EL Fe en exceso se encuentra en los tejidos como hemosiderina. En el defecto genético, el Fe se acumula en el parénquima, pero en la ingestión excesiva de Fe en animales y humanos se acumula en las células reticuloendoteliales. La toxicidad del Fe puede reducirse mediante la administración de Cu, P y vitamina E en la dieta, en tanto que algunos aminoácidos (valina e histidina), el ácido ascórbico, los carbohidratos simples y varios ácidos orgánicos (láctico, pirúvico, cítrico) incrementa la absorción del Fe.(Church 1976).

Cobre (Cu)

El Cu es importante en la formación y maduración del eritrocito, cataliza la incorporación del Fe a la estructura del grupo Hem, por lo que una deficiencia causa una disminución de los eritrocitos (Georgievskii, 1982). Previene la ataxia enzootica ovina, enfermedad súbita bovina, ruptura aórtica en cerdos y pavos, despigmentación de pelo y lana, y la presentación de la anemia. En los animales adultos, el Cu representa el 0.0002 a 0.00025% del cuerpo. El Cu presente en los forrajes se absorbe en duodeno y rumen, si la dieta contienen altos niveles de S y Mo se reduce su absorción rápidamente, así mismo el Cd, Fe, Zn, al igual que la ingestión de suelo deprimen la absorción del Cu (Minson, 1990). La absorción de Cu es alta en animales jóvenes (80 a 90%) y baja en adultos (8 a 6%); mayor en rumiantes que en no rumiantes (NRC, 1980; Georgievskii, 1982). Underwood (1977), menciona que cuando la alimentación es adecuada son suficientes de 8 a 10 ppm de

Cu como requerimientos para ruminantes, es importante tomar en cuenta y ajustar estos valores cuando se conozcan las concentraciones de Mo y S. Minson (1990), realizó un estudio donde analizó 1278 muestras forrajeras, reportando un valor promedio de 6.5 mg/kg de MS y el 50% fue deficiente con menos de 5 mg. Los forrajes de América Latina generalmente tienen concentraciones mayores, y sólo el 23% de las muestras analizadas fue deficiente (McDowell *et al.*, 1977). Las deficiencias de Cu en animales domésticos se ha detectado en varias partes del mundo, los signos clínicos en corderos son: problemas locomotores del tren posterior, ataxia neonatal, incoordinación, debilidad, inanición, degeneración miélnica, hundimiento de la columna vertebral, anemia, despigmentación del pelo y lana, deformaciones óseas, fracturas y fatiga al caminar lo cual deteriora severamente la producción animal en general (Minson, 1990; Underwood, 1977). La diarrea es un síntoma clásico cuando la deficiencia de Cu es inducida por un exceso de Mo en el forraje (Davis, 1974), en los ruminantes los ovinos son más susceptibles a la toxicidad por Cu. El riesgo por intoxicación es alto, sobre todo cuando los niveles de Mo, S y Fe en la dieta son bajos, El uso indiscriminado de productos con Cu como aditivos en desparasitantes, o promotores de crecimiento en aves y cerdos ha ocasionado que los ruminantes alimentados con excretas consuman concentraciones altas de Cu (NRC, 1980; Georgievskii, 1982). Niveles altos de proteína cruda en la dieta (10 a 20%) reducen la susceptibilidad a intoxicaciones con Cu porque se deprime su absorción (ARC, 1980).

Zinc (Zn)

El Zn es componente de varias metaloenzimas tales como la anhidrasa carbónica, carboxipeptidasa pancreática y deshidrogenasa de los ácido glutámico y láctico entre otras. Además, forma complejos con nucleótidos y parece que su función es mantener la configuración definida del ARN, así que tiene un efecto indirecto en la biosíntesis de proteínas y en la transmisión de la información genética (NRC, 1980; Georgievskii, 1982). En ruminantes, es indispensable para prevenir la paraqueratosis en piel, mantener normales el consumo de alimento, la tasa de crecimiento, desarrollo testicular, espermatogénesis y concepción (Minson, 1990). La concentración de Zn en el animal es baja (NRC, 1980) y varía con la edad, especie y alimentación. Se considera como rango normal de 0.9 a 1.5 mg de Zn/l en ruminantes (0.1-0.2 mg/100 ml) (NRC, 1984). Su distribución es: en esqueleto (28%), hígado (8%), sangre (2%) y otros órganos (18%), por lo que los tejidos anteriores junto con el páncreas y las gónadas son las más sensibles a cambios en el

nivel de Zn en la dieta (Georgievskii, 1982). El Zn se absorbe principalmente en el intestino delgado, y en grado menor en abomaso (Georgievskii, 1982; NRC, 1984). La absorción del Zn puede limitarse por factores relacionados con la dieta, tales como la vía del suministro (oral o parental), concentraciones de Ca altas y en presencia de ácido fítico o fitatos vegetales, histidina, nivel y tipo de proteína (NRC, 1988). Además, elementos como el P, Cd, Cu, vitamina D y agentes quelatantes reducen la intensidad de absorción (Georgievskii, 1982). Los requerimientos de Zn en la dieta no están bien definidos; (NRC, 1980), indica que con 7 mg de Zn/kg de MS de la dieta se evita la presencia de signos de deficiencia, pero no se mantiene el nivel de Zn en sangre dentro del rango considerado como normal en rumiantes (0.9 a 1.5 mg/l), concluyendo que el requerimiento mínimo sería de 14 mg/kg de MS de la dieta. Finalmente la literatura indica que los terneros y toros requieren mayor cantidad de Zn para el crecimiento testicular y espermatogénesis que para crecimiento corporal, y que la oveja lactante es muy susceptible a la deficiencia de Zn, por lo que el requerimiento mínimo sugerido es de 20 mg/Kg de MS para crecimiento y 33 mg/kg de MS para machos adultos y hembras gestantes o lactantes (NRC, 1985). Un exceso de Cd, Ca, Fe, Mn, Mo y Se, así como las infecciones bacterianas y/o virales pueden incrementar los requerimientos de Zn (NRC, 1980). La concentración de Zn en los forrajes varía entre 7 y 100 mg/kg de MS, con un valor promedio de 36 mg encontrado en 719 muestras analizadas, de las cuales el 11% tuvo niveles inferiores a 20 mg, por lo que para algunas formas de producción animal no son suficientes (Minson, 1990). Las diferencias en la concentración de Zn pueden ser debidas a la variación entre especies vegetales, madurez de la planta o nivel y disponibilidad del elemento en el suelo. Así, se ha observado que los forrajes templados, principalmente las gramíneas, tienen concentraciones menores de Zn que los de clima tropical (Metson *et al.*, 1979). Además, conforme la planta madura disminuye su contenido de Zn, principalmente en los tallos (Fleming, 1973). Por otro lado, la fertilización nitrogenada causa un incremento del Zn en el forraje, tal vez por que reduce el pH del suelo (Miller *et al.*, 1979a). La deficiencia de Zn causa una disminución en el consumo de alimento, en la GDP, con zonas alopésicas, salivación, inflamación de mucosas, hiperqueratinización en piel; en machos deterioro de la función reproductiva con atrofia testicular y espermatogénesis defectuosa; en hembras afecta el ciclo reproductivo desde el estro hasta el parto y lactación (Miller, 1979b; Underwood, 1981). Los rumiantes pueden tolerar altos niveles de Zn (hasta 10 veces la dosis óptima). El exceso de Zn puede causar diarreas, artritis, pérdida de peso, anemia, deficiencia de Fe, Mn, Ca, P y una reducción drástica del nivel de Cu

en el animal (NRC; 1980; NRC; 1988). Parece que 150 mg/kg de MS son bien tolerados, pero debe de considerarse el efecto adverso en un rango de 150 a 420 mg. (NRC; 1980; NRC; 1988)

Selenio (Se)

Es importante en la prevención de diátesis exudativa en pollitos y distrofia muscular en terneros y corderos. El deudeno es el sitio principal de absorción. Un consumo dietético de 0.2 ppm provee un adecuado margen de seguridad en contra de las variaciones en dietas comunes a ser encontradas en ganado ovino y vacuno en pastoreo. Es conocido también que consumos altos de sulfatos reducen la disponibilidad del Se para los animales, de tal manera que los requerimientos de Se serán mayores cuando exista un alto consumo de sulfatos que cuando este sea bajo. Existe un interrelación nutricional compleja entre el Se y la vitamina E, de tal manera que cualquiera puede reponer o alterar el requerimiento del otro pero no llega a reemplazarlo completamente. Los signos de una deficiencia marcada de Se en la dieta para rumiantes incluyen el crecimiento reducido y la distrofia o enfermedad del “músculo blanco” en los corderos y terneros, ésta consiste en la degeneración del músculo estriado que ocurre sin el involucramiento nervioso y se caracteriza bioquímicamente por concentraciones de Se y glutatión peroxidasa (GSH-Px) por debajo de lo normal en la sangre y los tejidos, y por niveles altos de transaminasa oxaloacético glutámico (GOT). La disminución en el comportamiento reproductivo se ha observado por deficiencias de Se en todas las especies estudiadas. Una época de alta incidencia de infertilidad en ovejas ocurre en ciertas regiones de Nueva Zelanda en asociación con la enfermedad del “músculo blanco”. En ciertas áreas hasta un 30% de ovejas pueden ser infértiles y las pérdidas de corderos son altas. La infertilidad resulta de una alta mortalidad embrionaria que ocurre entre tres y cuatro semanas después de la concepción, la cual es relativa al tiempo de implantación (Church 1976). Esta mortalidad puede ser prevenida por Se pero no por la vitamina E, ni por un antioxidante. En los Estados Unidos, Escocia y Brasil, altas incidencias de retención de placentas en ganado vacuno se han reducido notablemente por la administración de niveles adecuados de Se en la dieta. El interés primario en Se está relacionado fundamentalmente a las manifestaciones tóxicas de selenosis en animales pastoreando en algunos lugares de las grandes planicies de Norte América. Esas áreas seleníferas localizadas producían condiciones referidas como “enfermedad alcalina” y “ceguera tambaleante”. En esas áreas el consumo tóxico de Se resulta del consumo de plantas acumuladoras de Se

o forrajes normales con concentraciones relativamente altas de Se debido a la presencia de Se disponible en los suelos por encima de los niveles normales. Otras localizaciones de áreas seleníferas se han identificado en Argentina, Australia, Colombia, Irlanda, Israel, México y Sudáfrica. La intoxicación con Se existe en todos los niveles. El envenenamiento crónico se caracteriza por somnolencia, enflaquecimiento, pelo áspero, dolor y crecimiento alargado de los cascos, rigidez y cojera debida a erosión en la unión de los huesos grandes, atrofia del corazón y cirrosis hepática. En envenenamiento agudo con Se, los animales sufren de ceguera, dolores abdominales, salivación, crujiir de dientes y algún grado de parálisis (Underwood, 1981). La toxicidad por Se puede ser modificada por niveles dietéticos de As, Ag, Hg, Cu, y Cd. El As se ha usado para aliviar exitosamente algunos niveles tóxicos de Se en bovinos. Tres posibilidades de prevenir o reducir la toxicidad de Se incluyen: 1) tratamiento al suelo para reducir la absorción por las plantas; 2) tratamiento al animal para reducir la absorción o incrementar la excreción (As); y 3) modificar la dieta del animal por dilución o rotando los animales a pastorear en áreas no seleníferas (Underwood, 1981).

Molibdeno (Mo)

La prueba de que el Mo es esencial para los animales fue dada a conocer en 1953 cuando se demostró que era un componente de la metaloenzima xantinoxidasa (Rickert y Westerfeld, citado por Church, 1976). Más tarde, se demostró que el rendimiento de los pollos, los pavipollos y las crías de oveja mejoraba cuando se agregaba Mo a dietas semipurificadas. La respuesta de crecimiento en las crías de oveja se logro utilizando una dieta básica con un contenido de 0.36 ppm de Mo, que resultó en un aumento de 2.5 veces de la ganancia diaria. Puesto que la mayoría de los forrajes contienen una cantidad considerable mayor de Mo, no es de sorprender que el Mo no se haya reconocido como un nutrimento esencial. La información sobre el Mo en la alimentación animal ha sido analizada (Underwood, 1977). Su presencia en los forrajes a niveles tóxicos es de mayor interés práctico. Los niveles dietéticos del Cu, el Zn, el S, Ag, Cd y los aminoácidos azufrados tienen efectos importantes en la susceptibilidad de los animales a la toxicosis por Mo.

Cuadro 55
Comparación entre el contenido crítico de minerales
en forrajes de América Latina (base seca)
y los requerimientos animales

Elemento	No. Muestras	(NRC 1989) a	(NRC, 2001) b	C.C.F	% forrajes debajo de la conc. Crítica
Ca	1123	61g	76g	0.30%	31.1
P	1129	51g	68g	0.30%	72.8
Mg	290	8g	9g	0.20%	35.2
K	198	212g	255g	0.80%	15.1
Na	146	48g	53g	0.10%	59.5
Cu	236	10g	10g	10ppm	46.6
Fe	256	50ppm	17ppm	100ppm	24.1
Zn	177	40ppm	53ppm	50ppm	74.6
Mn	293	40ppm	15ppm	40ppm	21.9
Mo	133	2ppm	2ppm	3ppm	86.4
Co	140	0.1ppm	0.1ppm	0.1ppm	43.1

Fuente: McDowell, *et al.*, (1977)

a Requerimiento para una vaca de 450 kg de P.V. produciendo 7 kg de leche.

b Requerimiento para una vaca de 650 kg de P.V. produciendo 45 kg de leche corregida a 3% de grasa y consumiendo 26.5 kg de MS.

C.C.F.=Concentración crítica en el forraje.

Yodo (I)

La glándula tiroides contiene I en la concentración mas elevada (0.2 – 5 % del peso seco) y en la cantidad mas elevada (70-80 % del I total del cuerpo). También se concentra de manera preferente en el estómago (o abomaso), el intestino delgado, las glándulas salivales, la piel, las glándulas mamarias, el ovario y la placenta. La única función conocida del I es la de formar parte de la tiroxina y otros compuestos tiroides con actividad hormonal. Así, esta en estrecha relación con la intensidad metabólica basal (Church, 1976). El I orgánico se absorbe en el conducto gastrointestinal mediante dos procesos, uno del mismo modo que otros haluros (Cl, Br) y otros específicos para el I. El sistema específico para el I se encuentra en el estómago, así como en el intestino delgado (Mendes, 1977). En la mayoría

de las especies, la secreción salival de I es un proceso activo, como lo manifiesta la concentración de I radiactivo en la saliva de 40 veces en comparación con el plasma de animales a los que se les administró yodo radiactivo o radioyodo. Al parecer la rata es una excepción (Church, 1976). La glándula mamaria también concentra I, y la transferencia de yodo inorgánico se realiza por un proceso activo que resulta en una concentración de I en la leche de 40 veces en comparación con la del plasma. El órgano clave del metabolismo del I es la glándula tiroidea. Ésta concentra I por un proceso activo que es intensificado por la TSH segregada por el lóbulo anterior de la hipófisis. El nivel sérico de I unido a proteína (PBI) varía con el nivel de actividad tiroidea, así como con la especie y la edad. Puesto que el I realiza sus funciones como un constituyente de los compuestos tiroideos activos que a su vez son importantes en el control de la intensidad de la oxidación celular, no es de sorprender que una deficiencia dietética de I tenga efectos intensos en el animal. La deficiencia de I en los animales jóvenes se conoce como cretinismo, y en los adultos, como mixedema. Los problemas de la reproducción relacionados con la deficiencia de I incluyen reabsorción del feto, aborto, fetos que nacen muertos, estro irregular o suprimido en las hembras y una disminución del deseo sexual o deterioro de la calidad del semen en los machos. La ingestión durante mucho tiempo de grandes cantidades de I reduce la captación tiroidea del I, pero existen diferencias marcadas entre las especies en cuanto a la tolerancia a las cantidades grandes ingeridas. El exceso de yodo altera todas las funciones de la tiroidea, incluyendo el transporte de I, la síntesis de tiroxina y la liberación de la hormona. Es evidente que los niveles de I que normalmente se encuentran en la nutrición están lejos de los niveles necesarios para provocar síntomas de intoxicación. Las dosis simples masivas por vía oral de I son tóxicas y pueden ser letales, pero tal toxicidad debe considerarse como envenenamiento en forma general.

FUENTES DE MINERALES PARA LOS RUMIANTES EN PASTOREO

El ganado en pastoreo, cuenta con tres fuentes de minerales: forraje, suelo y agua. Por lo general, una gran proporción de los elementos minerales que reciben los rumiantes la obtienen de las plantas, el agua puede o no contribuir, mientras que la ingestión accidental o voluntaria de suelo puede ayudar considerablemente (Underwood, 1981; McDowell, 1985). Por lo que, todos aquellos factores que afecten éste contenido mineral son objetos de estudio.

El forraje

A pesar de que el forraje aporta la mayoría de los elementos minerales al animal, la literatura indica que muchos de los forrajes de varios países de América Latina presentan niveles deficientes y marginales para ciertos elementos, lo que demuestra que los forrajes de suelos tropicales pueden ser altamente deficientes en muchos de los macro y micro minerales esenciales para el animal, por eso es necesario proveer estos elementos como suplementos dietéticos con el objeto de promover una producción eficiente de los animales en regiones cálidas (McDowell, 1984) (véase cuadro 55), donde mostramos que los niveles de los siguientes elementos variaban de marginales a deficientes: Mg, 35%; Co, 43%; Cu, 47%; Na, 605; P, 73% y Zn, 75% (McDowell *et al.*, 1977). Los minerales de K, Fe, y Mn fueron deficientes en menos casos. Ciertas publicaciones de diferentes regiones tropicales (véase cuadro 55) han demostrado las fallas de los forrajes tropicales para rumiantes en pastoreo. Por otra parte, cuando se analizan los requerimientos de animales de mayor potencial genético por ejemplo una vaca lechera de 650 kg, produciendo 45 kg de leche corregida al 3% de grasa, han cambiado, de tal manera, que si se considera al un mineral específico como Ca, el requerimiento se aumentó en 24% aproximadamente, lo mismo sucedió para P, Mg, K, Na y Zn. (NRC, 2001).

Los forrajes son más variables que los granos en su contenido mineral (véase cuadro 56). La principal razón para esta situación es que los granos son cosechados en un estado más uniforme de maduración. La influencia de la madurez en la composición de los pastos en relación al contenido de nitrógeno, macro y micro minerales es ilustrada en la figura 24 y 25. Forrajes que crecen en un área particular pueden tener niveles adecuados de elementos minerales durante las etapas tempranas de crecimiento y que permiten una productividad normal de los animales, pero pueden ser deficientes en esos mismos elementos en la etapa de madurez. Las tasas de disminución en la concentración mineral varían de acuerdo con el elemento, entre las diferentes especies de plantas y localización geográfica que puede estar influenciada por el sol y el clima (Gomide, 1978).

Los tallos y material vegetal residual en el campo debieran tener niveles aún menores de concentración de minerales debido al incremento de la edad de corte, lixiviación y pérdida de las partes del follaje con mayor calidad. Este material tendría poco nitrógeno, y en general, en forrajes con bajo nitrógeno tienden a ser también bajos en fósforo, azufre y micro minerales (Gomide, 1978).

Cuadro 56

Contenido de minerales en forrajes por debajo de las concentraciones críticas necesarias para los rumiantes

Mineral	Nivel crítico a	D b	B c	C d	G e
Ca, %	0.30	24	57	100	71
P, %	0.25	83	100	92	57
K, %	0.60-0.80	0	1	15	13
Na, %	0.06	78	100	100	88
Mg, %	0.20	33	64	56	76
Fe, ppm	30	0	0	0	0
Zn, ppm	30	86	81	74	49
Cu, ppm	10	64	100	100	92
Mn, ppm	30-40	10	0	0	24
Co, ppm	0.10	26	48	48	1
Se, ppm	0.10	48	47	47	49

McDowell (1985),a Niveles críticos basados en las necesidades de los rumiantes (McDowell 1985), b Basado en 69 muestras (Jerez *et al.*, 1984), c Basado en 84 muestras (Peducassé *et al.*, 1983), d Basado en 36 muestras (Vargas *et al.*, 1984), e Basado en 84 muestras (Tejada *et al.*, 1987), f Basado en 21 muestras (Mtimuni *et al.*, 1990), D = Dominicana, B = Boliviana, C = Colombiana, G = Guatemala.

Figura 24

Variación en el contenido de nitrógeno y macrominerales en *Panicum maximum*. Fuente: Gomide, 1978

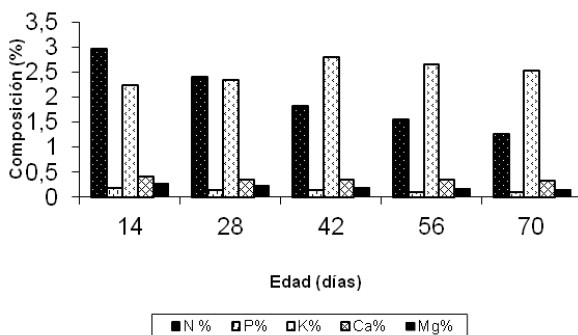
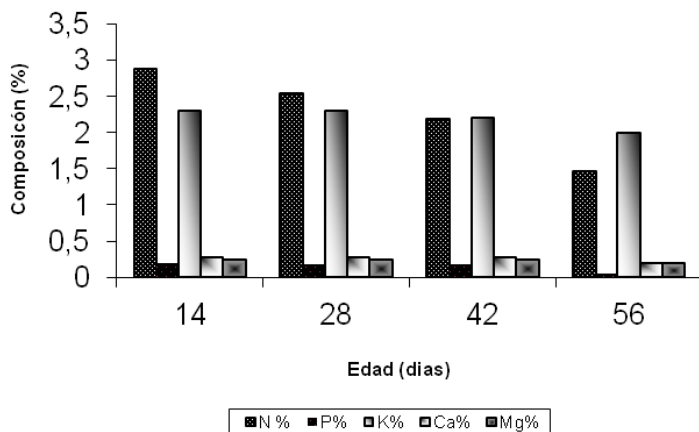


Figura 25
Variación en el contenido de nitrógeno y macrominerales en *Melinis minutiflora*. Fuente: Gomide, 1978



Aunque no indispensable, es ventajoso conocer la composición mineral de los forrajes que el animal está consumiendo cuando se calcula una mezcla de mineral suplementaria. Información obtenida de tejidos animales o de otras fuentes pueden ser usadas para tener un ajuste adecuado en los niveles de elementos minerales que son usados como suplementos para animales bajo condiciones de pastoreo (Gomide, 1978).

Edad de la planta y especie

Otros de los factores que han demostrado que afectan la concentración de minerales en las plantas son la especie y la edad del forraje (véase cuadro 57). Los datos de este cuadro nos hacen pensar que un número importante de problemas nutricionales de los animales están asociados a diferencias inherentes de la capacidad de las diversas especies de plantas para acumular los distintos minerales. Esto se agrava aún más por las diferencias encontradas en la capacidad almacenadora de nutrientes dentro de las plantas de la misma especie, pero diferentes cultivares o variedades creciendo en el mismo tipo de suelo. Lo que si es claro es que, a medida que avanza la edad del pasto, la concentración de la mayoría de los diferentes nutrientes (N, P, Ca, Mg, Zn, Mn) disminuye y algunos tienden a incrementarse o son variables como el K (García, 1995).

Cuadro 57
Variación en la composición mineral de algunos forrajes tropicales en relación a la edad del pasto

		Concentración de minerales en la Materia Seca						
	Edad	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
	(d)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Ppm	ppm
Pasto								
Guinea	14	2.96	0.18	2.24	.41	.28	38	
(<i>P.maximun</i>)	28	2.40	0.14	2.33	.34	.23	34	
	42	1.81	0.13	2.80	.34	.20	36	
	56	1.55	0.10	2.64	.34	.17	32	
	70	1.26	0.08	2.53	.31	.14	32	
Jaragua	28		0.28	1.68	.40	.46	51	
(<i>H.rufa</i>)	56		0.17	.63	.20	.36	30	
	84		0.11	.57	.23	.58	37	
Pangola	28		0.16	1.32	.56	.39	35	192
(<i>D.decumbens</i>)	84		0.11	.74	.50	.38	22	188
	140		0.12	.37	.66	.39	31	317
Elefante	28		0.33	2.38	.61	.42	40	138
(<i>P.purpureum</i>)	84		0.15	1.20	.38	.28	28	111
	140		0.11	.34	.43	.36	33	128

Modificado por García, (1995)

N= Nitrógeno, P= Fósforo, K= Potasio, Ca = Calcio, Mg = Magnesio, Zn = Zinc y Mn = Manganeso

El suelo

El suelo es la fuente de todos los elementos minerales encontrados en las plantas; por lo tanto, la composición mineral de los vegetales refleja en cierto grado, la naturaleza del terreno donde fueron cultivados. La capacidad del suelo para suplir minerales depende de: Origen del material madre del suelo, pH, textura y estado de formación. Así, formaciones geológicas jóvenes y alcalinas contienen una mayor cantidad de elementos menores que las formaciones viejas y ácidas. A medida que el pH del suelo se incrementa la disponibilidad y absorción del Fe, Mn, Zn, Cu y Co del forraje disminuyen mientras que el Mo y el Se se incrementa (Conrad y Avila, 1978).

Diferencias entre especies y variedades

Se han reportado concentraciones de Cu que van de 0.05 a 0.14, de Co 4.5 a 21.1 y Mg de 96 a 800 ppm en 17 especies de pastos creciendo en el mismo tipo de suelo, las leguminosas son más ricas en N, Ca, Mg, Cu, Zn, Co. que las gramíneas, mientras que lo contrario sucede con el Se y Mo (McDowell, 1985).

Clima

La luz la temperatura y las lluvias ocasionan variaciones en la composición química de los forrajes a través del año (Van Soest, 1978).

Hasta este punto, hemos indicado una estrecha relación entre suelo-planta-animal; sin embargo, es aquí precisamente donde algunas investigaciones han demostrado la importancia de la relación suelo-animal directamente, por lo que se deben considerar las otras dos fuentes de mineral para los rumiantes en pastoreo; el suelo y el agua, ya que como son fuentes de una importancia relativa, muchas veces son ignoradas (Conrad y Avila, 1978).

Suelo

Al hablar del consumo de tierra no nos estamos refiriendo a la condición patológica de apetito depravado, sino al consumo involuntario de tierra durante el pastoreo.

El consumo de suelo puede dar lugar a la ingestión mayor de ciertos elementos con respecto al forraje, tal es el caso del Cu, que vía suelo puede ser ingerido hasta 10 veces más; así mismo, pueden existir ingestiones

más altas de Co y I, ya que los suelos contienen concentraciones mayores que las plantas pero también puede resultar en consumos de elementos tóxicos por el animal (McDowell, 1985). Valdivia y Ammerman (1979), encontraron que un alto contenido de Al y Fe en el suelo ingerido afecta negativamente procesos fisiológicos del animal.

La importancia de la ingestión del suelo como fuente de mineral depende de la cantidad ingerida, concentración mineral en el suelo y del forraje, y de la habilidad del animal para solubilizar y absorber los minerales derivados del suelo (Mayland *et al.*, 1975). Según McDowell (1985), el suelo ingerido por día en bovinos varía de 0.9 a 1.6 kg cabeza⁻¹. Así, se considera que los factores más importantes que afectan el consumo de tierra por los rumiantes son: a) tipo de suelo; b) presión de pastoreo; c) población de lombrices, topes; d) manejo; e) variaciones estacionales; y f) hábitos de consumo individual. Se ha comprobado que el alterar cualquiera de estos factores se incrementará o disminuirá la cantidad de tierra ingerida.

Agua

Para poder colocar el agua como fuente de algunos minerales, primero debemos recordar que constituye una porción constante en el consumo total diario (véase cuadro 58) y que el consumo de agua va a ser alterado dependiendo de la hora del día y la estación del año, la edad y el tamaño de los animales o el tipo de la dieta (García, 1995).

Cuadro 58
Consumo de agua de varias clases de animales adultos
de un peso medio en un clima templado

Animal	l/ d
Bovino de carne	26 - 66
Bovino de leche	38 - 110
Caballos	30 - 45
Cerdos	11 - 19
Cabras y Ovejas	4 - 15
Pollos	0.2 - 0.4
Pavos	0.4 - 0.6

Modificado por García (1995).

Bajo condiciones de pastoreo, el contenido mineral de agua se ve muchas veces incrementado como resultado del uso de arroyos, represas, préstamos, agujeros o jagüeyes como reservorios o almacenes del agua consumida por el animal. El enriquecimiento del contenido mineral del agua es consecuencia de la hidrólisis y solución de los minerales del suelo y de las rocas. Bajo este contexto, el agua también contribuye en parte al contenido mineral de la dieta de los rumiantes en pastoreo (véase cuadro 59) (McDowell, 1984).

NECESIDADES DE MINERALES DE LOS RUMIANTES

A pesar de que todavía no se dispone de las cifras exactas de las necesidades de los diversos minerales para las diferentes especies de animales y bajo todas las condiciones ambientales, actualmente existen datos provenientes de numerosas investigaciones de las cuales se pueden sacar conclusiones generales sobre recomendaciones dietéticas (estándares de necesidades de los animales domésticos). Sin embargo, estas recomendaciones deben ser consideradas sólo como aproximaciones de las necesidades de animales en particular, ya que la mayoría de éstos requerimientos no se establecieron para el ganado Cebú ni para animales en pastoreo. Además, es necesario reconocer que el trabajo genético con la introducción de cruzamientos interraciales o de nuevas razas ha resultado en un aumento de las tasas de crecimiento y, por consiguiente, en los requerimientos de minerales (NRC, 1988). Cuando nos referimos a requerimientos de minerales, hay que tener presente que las complejas relaciones que existen entre ellos hacen prácticamente imposible establecer un requerimiento definido. Algunos investigadores de minerales afirman que no hay un valor de requerimiento para un elemento mineral y que en teoría hay una serie de niveles requeridos. Existen otros problemas relacionados a la determinación de requerimientos como la variación de contenido de nutrientes en alimentos y en dietas, y la variación animal (Underwood, 1981). A pesar de todas estas variables, la mayoría de los investigadores concuerdan que estos requerimientos son los mejores que existen y que deben usarse como una guía hasta que se disponga de datos más precisos (NRC, 1988).

Cuadro 59
Medias y porcentajes máximos de los requerimientos diarios de elementos
minerales proporcionados por el agua consumida

	Ganado de carne (459KG)		Ganado de leche (450KG)		Ovinos (64KG) (45KG)	
	Vaca	Novillo	Lact.	Mant.	Lact.	Final.
Consumo de agua (1).	60	60	90	60	6	4
CALCIO						
Req. diarios (g)	28	21	76	12	7	3
Promedio (%)	12	16	7	28	5	8
Máximo (%)	37	49	21	86	15	23
FOSFORO						
Req. diarios (g)	22	21	58	12	5	3
Promedio (%)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Máximo (%)	1	1	1	1	1	1
MAGNESIO						
Req. diarios (g)	14	9	14	9	1.5	1
Promedio (%)	6	10	9	68	6	5
Máximo (%)	59	91	10	91	68	49
CLORURO DE SODIO						
Req. diarios (g)	25	24	66	21	13	10
Promedio (%)	34	35	19	40	7	6
Máximo (%)	4,560	4,760	2,600	5,430	870	760

Fuente (McDowell, 1984).

DIAGNÓSTICO DE LAS DEFICIENCIAS Y DESBALANCES DE MINERALES

Los desórdenes de la nutrición mineral varían desde deficiencias minerales agudas o toxicidades caracterizadas por signos clínicos bien marcados y cambios patológicos hasta una mala condición general o un crecimiento y producción inferior. Estas últimas condiciones asumen gran importancia porque ocurre sobre bastas áreas y afectan un gran número de animales, además de que pueden ser confundidas con deficiencias de energía o proteína, y con varios tipos de parasitismo (Underwood, 1981).

Los síntomas clínicos de deficiencias de minerales, exámenes bioquímicos y patológicos junto con análisis mineral del suelo, el agua, la planta y los tejidos y fluidos animales, han sido utilizados todos para establecer con diverso grado de éxito las deficiencias y excesos de minerales (McDowell, 1977).

Figura 26
Anormalidades óseas, típica deficiencia de fósforo



Cortesía del Dr. Maximino Huerta Bravo, región de la Huasteca Veracruzana

El método más confiable para la confirmación de una deficiencia mineral es la respuesta derivada de la suplementación del mineral específico. Sin

embargo, estos estudios son muy costosos tanto en tiempo como en dinero. Justificándose en este caso el uso de análisis químicos y de pruebas biológicas para la determinación de una posible deficiencia (McDowell, 1984).

Por otro lado, debido a que las deficiencias y exceso marginales no presentan signos clínicos específicos, es justificable el uso de análisis químicos y de pruebas fisiológicas más simples para la determinación de un desbalance. Los análisis químicos deben entonces ser enfocados hacia las muestras que nos permitan determinar con más exactitud los problemas causados por minerales (McDowell, 1984).

Figura 27
Diagnóstico de las deficiencias minerales
en los sistemas de producción animal considerando
el trinomio suelo-planta-animal



Los datos de una gran número de países tropicales han indicado que las correlaciones entre suelo, planta y tejido animal son altamente variables entre localidades y muchas veces bajas e inexistentes, como las reportadas entre suelo y forraje en Brasil fueron: Fe, $r=0.12$; Mn, $r=-0.12$ y Zn, $r=0.30$ (Conrad *et al.*, 1978). De acuerdo con esto Tejada *et al.* (1994) concluyeron que el análisis de Cu del suelo, tomado durante la estación seca, no ayudó en el diagnóstico de la deficiencia de Cu en una región de pastoreo de Guatemala. De este estudio, entre el 94 y 100% de las muestras de forraje, plasma e hígado, indicaron deficiencias de Cu, mientras que las muestras de suelo presentaban concentraciones supuestamente adecuadas.

Por otra parte, las desventajas del análisis de los forrajes para determinar si los niveles encontrados son los adecuados para los animales en pastoreo incluyen: 1) la posibilidad de que las muestras analizadas no representen lo que el animal consume, 2) la dificultad de estimar el consumo de materia seca, 3) las variaciones que existen en relación a la disponibilidad de los minerales en los forrajes, y 4) la posibilidad de que las muestras de forrajes se contaminen con tierra y/o del consumo directo de tierra del animal. Para esto, Fleming. (1973), recomienda para obtener una muestra representativa del forraje lo siguiente: observar cuidadosamente el patrón de pastoreo del ganado y obtener una muestra que represente la dieta del animal; las muestras no deben ser tomadas de áreas donde se han acumulado excretas excesivas ni de plantas forrajeras que obviamente han sido rechazados por los animales y deben tomarse muestras independientes de cada una de las especies presentes con estimaciones del porcentaje que cada especie en particular representa del total consumido.

Es preferible el análisis de los forrajes a los de suelo, y los de tejidos y fluidos corporales a los de forrajes ya que son ellos los que van a manifestar más exactamente la contribución total de los elementos minerales (por el suelo, agua, forrajes etc.) para llenar las necesidades de los animales en pastoreo (Epstein, 1972).

En resumen, los niveles de minerales en los tejidos (hígado y hueso) y fluidos del animal (sangre, plasma o suero) aunados a las concentraciones de algunas enzimas, metabolitos o compuestos orgánicos asociados funcionalmente a algunos minerales, son los indicadores más importantes del status mineral de un animal (Conrad *et al.*, 1978).

RESPUESTAS DE LOS RUMIANTES A LA SUPLEMENTACIÓN MINERAL

A nivel mundial se han observado numerosos casos acerca de los efectos de la suplementación mineral a rumiantes en pastoreo. Sin embargo, cabe mencionar que dicha respuesta sólo se manifiesta cuando hay niveles adecuados de otros nutrimentos como energía, proteína, vitaminas y agua. En América Latina se han llevado a cabo también numerosos estudios sobre los efectos benéficos de la suplementación (principalmente fosforada) en los índices reproductivos (véase cuadro 60), con los cuales se han demostrado incrementos que van del 5 al 50% (promedio de 25% de incremento) (García, 1995).

Cuadro 60
Estudios del efecto de la suplementación mineral
en el incremento de porcentaje de parición
de ganado bovino realizado en América Latina

País	Testigo	Testigo + Suplementación
Bolivia	67.5	80.2 (2)
Bolivia	73.8	86.4 (3)
Brasil	55.0	77.0 (4)
Brasil	49.0	72.0 (2)
Brasil	25.6	47.3 (2)
Colombia	50.0	84.0 (4)
Panamá	62.2	68.8 (5)
Panamá	42.0	80.0 (2)
Perú	25.0	75.0 (6)
Uruguay	48.0	64.0 (2)
Uruguay	86.9	96.4 (2)
Uruguay	27.0	70.0 (3)
Promedio	50.9	75.1

García, (1995).1=Sal común; 2=Harina de hueso; 3=Fosfato óseo; 4=Sal Mineralizada completa; 5=Fosfato dicálcico + superfosfato triple (Ca, P y Mg); 6=Fosfato dicálcico + Sulfato de cobre

Además de lo anterior, otros parámetros no menos importantes han mostrado grandes incrementos (véanse cuadros 61, 62, 63 y 64). Dentro de las posibles causas que provocan un mejoramiento en la capacidad reproductiva y productiva de los rumiantes en pastoreo puede ser una reducción en el número de abortos y de la mortalidad de las crías hasta el destete (véase cuadro 61), así como una mejor condición corporal de la vaca durante todo el ciclo productivo (véase cuadro 62) lo que se refleja en una mejor producción de leche de la vaca y mayor ganancia de peso de las crías como resultado de una mejor alimentación (Lebdosoekojo *et al.*, 1980).

Por otra parte el uso de sal común contra el uso de una mezcla mineral en animales pastoreando gramíneas nativas en Colombia, trajo consigo una ganancia de peso promedio mayor (147 vs. 117 g/animal/d), para los animales suplementados con la mezcla mineral (McDowell, 1983). En el mismo país se han observado mejoras favorables en peso a la suplementación mineral tanto en vacas como en becerros del 9 y 30% respectivamente,

Cuadro 61

Respuesta a la suplementación de micro minerales en vaquillas cebuínas pastoreando pasto Estrella (México)

Tratamiento	n	Ganancia/día, kg	Carne/ha, kg
Testigo	10	0.350 (b)	201 (b)
Testigo + M.M.	10	0.405 (a)	227 (b)

Tomado de García, (1995). (a), (b) Valores con distinta letra en la misma columna son diferentes ($P < .05$); M.M.= Mezcla mineral de I, Mn, Zn, Se (12%) + Sal (88%).

Cuadro 62

Influencia de la suplementación mineral en el número de becerros y peso al destete

Concepto	Suplementación	
	Sal común	Mezcla mineral (c)
Destete (%)	36.5 (a)	57.8 (b)
Peso destete (kg)	128.7 (a)	168.3 (b)

Lebdosoekojo, *et al.* (1980). (a), (b) Medias en la misma hilera con distinta letra son diferentes ($P < .05$); (c) Mezcla mineral: Na 17.75%; Ca 12.98%; P 8.93%; Cu 397 ppm; Fe 1,097 ppm; Zn 650 ppm; Mn 633 ppm; Co 33.5 ppm.

Cuadro 63

Resultado de un estudio de 4 años sobre la evaluación de un suplemento mineral ofrecido a ganado bovino Çen los llanos de Colombia

Concepto	Sal común	Sal mineralizada
Abortos, (%)	9.3	0.75
Pérdidas por muertes del nacimiento-destete (%)	22.6	10.5
Becerras destetadas, (%)	38.4	60.4
Peso al destete, kg	117.0	147.0
Ganancia peso (572 d), kg	86.0	141.0
GDP promedio, (g)	50.0	247.0
kg producidos/vaca/año	44.8	88.7

McDowell, (1983).

Cuadro 64

Efecto de la suplementación mineral y del estado fisiológico en el peso vivo en vacas en pastoreo

Estado fisiológico	Suplementación	
	Sal común	M. Mineral (c)
	Kg	
Último 1/3 de gestación	329.9 (a)	360.4 (b)
Primeros 3 meses lact.	289.3 (a)	308.6 (b)
Final de la lactancia		
Al destete	280.4 (a)	304.3 (b)
Secas	304.7 (a)	336.6 (b)

Lebdosoekojo *et al.* (1980). (a), (b) Medias en la misma hilera con distintas letras son diferentes ($P < 0.01$); (c) Mezcla mineral: Na 17.75%; Ca 12.98%; P 8.93%; Cu 397 ppm; Fe 1,097 ppm; Zn 650 ppm; Mn 633 ppm; Co 33.5 ppm.

Lebdoscekojo *et al.* (1980) reportaron ganancias acumuladas de 96.4 kg de carne durante el experimento en animales en pastoreo suplementados con sal mineral contra 79.4 kg en animales sin recibir ningún suplemento. Gomide, (1978), al suplementar vaquillas pastoreando estrella de África reporta, que al usar micro minerales en la sal común incrementos en la producción de carne de más de 10% y si la adición se hace a pastos fertilizados las ganancias se pueden incrementar hasta en un 20%. Resultados semejantes obtuvo Barradas, (1980), reporta incremento adicional de peso alrededor de 3.5% en vaquillas en crecimiento pastoreando guinea suplementados con una mezcla mineral con 5.6% de P en comparación con las que recibieron sólo sal común. García, (1995), trabajo con novillonas recién destetadas y reporta que la suplementación mineral incrementó la ganancia de peso en un 72% y el peso de la canal en un 16%. (véase cuadro 65), se aprecia el efecto de la suplementación de sal común y una mezcla mineral ofrecida a libre acceso o incorporada a la ración de becerros de engorda, existiendo un incremento en la ganancia de peso de aproximadamente 16 kg en los animales que recibieron la sal mineral en comparación a los que sólo recibieron sal común, misma diferencia reflejada en consumo de alimento y eficiencia de utilización del mismo. Se observó, además, que las canales de los animales que recibieron mezcla mineral tenían más grasa interna como un resultado de un mejor aprovechamiento de la energía del alimento. En la composición de la canal, se observa incremento lineal en el porcentaje de carne y una reducción en la del hueso (García, 1995) (véase cuadro 65).

Cuadro 65
Efecto del consumo de macro y micro minerales
en la dieta de becerros de engorda sobre el crecimiento
y calidad de carne obtenida

Concepto	T1	T2	T3
Peso vivo, (kg)			
Antes de la ceba	221	221	228
Final de la ceba	337	356	358
Ganancia de peso total, (kg)	116	135	130
Ganancia diaria de peso, (g)	739	860	828
Conversión alimenticia	10.1	8.6	9.1
Peso al sacrificio, en (kg)	311	345	347
Peso de la canal fresca, (kg)	185.6	194.5	198.2
Peso de la grasa interna, (kg)	2.65		2.94
Rendimiento en canal, (%)	56.95	57.28	57.96
Composición de la canal, (%)			
Carne	80.19	80.44	80.76
Hueso	19.81	19.56	19.24

Tomado de García, (1995), T1=control + sal común a libre acceso, T2=control + sal mineral a libre acceso, T3=control + sal mineral incluida en el concentrado

En un resumen (véase cuadro 66) sobre respuesta promedio de ruminantes a la suplementación mineral, Huerta, (1993), reporta un 45% de incremento en la ganancia de peso o 1840 g/kg de suplemento mineral consumido por el animal, considerando un consumo de 75 g/animal/día.

En cuanto al por qué una suplementación mineral adecuada impacta el índice reproductivo, esto se puede explicar por los resultados de López *et al.*, 2004, quienes reportan una mejor tasa de concepción al primer servicio debido a la suplementación mineral antes de la época de empadre y mayor producción de progesterona por el cuerpo lúteo de las vacas.

En México en la zona montañosa del Estado de Chiapas, una condición detrimental caracterizada por rápida pérdida de peso y muchas veces por muerte súbita se vio frenada casi en su totalidad con una suplementación adecuada de fósforo principalmente (García, 1995).

Cuadro 66

Resumen del efecto de la suplementación mineral sobre el crecimiento de bovinos

Mineral (a)	Ganancia de peso		Incremento en GP (%)	T. Adición días (b)
	Sin Sup.	Con sup.		
P (11)	317	478	51	276
Na (9)	282	417	48	299
Cu (16)			25	158
Co (7)	337	517	53	268
Se (3)			39	222
Mezc. (9)	288	365	27	191
Promedio	306	444	45	264

Huerta, (1993). (a) Número entre paréntesis se refiere al número de reportes; (b) Tiempo adicional requerido por animales deficientes para pasar de 170 kg de P.V. inicial a 430 kg de P.V. final en relación a animales suplementados.

VÍAS COMÚNMENTE UTILIZADAS PARA EL SUMINISTRO DE MINERALES

Una vez determinada la presencia de un desbalance de minerales en una zona se deberá proceder al suministro del mineral o minerales faltantes, el cual estará íntimamente relacionado a la presentación, facilidades para obtener el producto, costo, vía de administración, la cantidad del o los minerales que se requiera, la cantidad consumida estimada y por último a la disponibilidad de la fuente mineral.

Las vías comúnmente utilizadas para la administración de los minerales son:

- a) Fertilizantes: Cuando se han detectado deficiencias que limitan la máxima productividad de materia seca de un pastizal en áreas relativamente extensas.
- b) Aspersión sobre el forraje: Cuando hay una presentación aguda del desbalance de un mineral (tratamiento).
- c) Espolvoreado: Cuando es imposible revolverlo homogéneamente en un concentrado o con algún otro componente de la dieta diaria. También se puede utilizar como tratamiento individual.
- d) Mezcla mineral: Principalmente cuando el número de elementos minerales suplementados son varios.

- e) Inyectado: Cuando se encuentra en una forma que no provoque reacciones de consideración y cuando se trata de uno o dos minerales.
- f) Pellets o balas: Cuando su vía de administración debe de ser oral (Co) y cuando se encuentre disponible. Generalmente se usa como fuente de un solo mineral.
- g) Mezclados al alimento: Cuando el tipo de construcciones lo permita, como en corrales de engorda o de bovinos productores de leche (explotaciones intensivas).
- h) A través del agua: Involucra la utilización de tuberías y almacenes de agua en los que sea posible la dosificación y distribución del mineral en solución. Presenta la limitante del desperdicio, de una dosis homogénea, y la presentación del mineral (solubilidad).
- i) En bloques de melaza: Se han venido desarrollando diversas fórmulas para hacer bloques de melaza, urea, esquilmos agrícolas, cemento, sal y minerales. El contenido mineral de los bloques puede adaptarse a cada región dependiendo de las condiciones minerales de cada lugar así como de la especie rumiante y el consumo de bloque registrado (Conrad *et al.*, 1978).

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS SUPLE- MENTOS MINERALES *AD LIBITUM*

Anteriormente, se han enumerado las diferentes vías que existen para la suplementación mineral. Sin embargo, la realidad nos demuestra que la práctica más comúnmente utilizada es la de ofrecer una sal mineralizada a libre acceso, aunque se ha encontrado que muchas veces el ganado bajo estas condiciones no llena sus necesidades de minerales con el consumo de este tipo de productos. La principal desventaja que presenta este método es la enorme variación en consumo (22-95 g/animal/día), variación debida al tipo de pasto y suelo, nivel de fertilización, época del año, tipo de ganado, nivel y tipo de suplementación, nivel de sales en el agua de bebida, etc. La utilización de estas sales mineralizadas ofrecidas a libertad, incluye la utilización de la sal común en cantidades que van de un 30-40% o más, como un transportador de otros minerales debido a su palatabilidad (McDowell *et al.*, 1983).

Un suplemento mineral completo generalmente incluye los siguientes ingredientes: sal, Ca, Co, Cu, I, Mn, Zn y una fuente de P baja en F. Otros

elementos como el Se, Mg, K, S; o Fe también pueden ser incorporados a un suplemento mineral o pueden ser añadidos después, cuando la disponibilidad de información reciente lo sugiera (McDowell *et al.*, 1983).

Es mejor formular los suplementos minerales con base a los requerimientos del animal, de acuerdo a la edad y el peso. Sin embargo, cuando no exista ninguna información sobre el estado mineral de una región específica, se justifica el uso de un suplemento mineral completo a libre acceso basándose en las recomendaciones dadas a continuación:

Una mezcla final que contenga un mínimo de 6-8% de P total.

1. Una relación Ca: P de alrededor de 2:1
2. Proveer una porción significativa (Ejemplo 50%) de las necesidades de minerales trazas tales como Co, Cu, I, Mn y Zn; llegando hasta un 100% de lo necesitado en zonas donde se conozca la deficiencia de alguno.
3. Utilizar una fuente mineral de alta calidad, especificado por una alta disponibilidad biológica. Evitando aquellos que contengan elementos tóxicos (P.E. alto flúor en fosfatos).
4. Formular las sales minerales de tal manera que sean consumidas adecuadamente para cubrir las necesidades de los animales.
5. El respaldo de una compañía con reputación la cual aseguraría la veracidad de lo descrito en la etiqueta del suplemento mineral.
6. Un tamaño de partícula adecuada, el cual permita la mezcla de los ingredientes sin provocar la separación por capas.

Si se quiere evaluar un suplemento mineral para rumiantes es necesario tener una aproximación de los siguientes datos:

- a) Los requerimientos del mineral deseado (utilizar los valores del NRC).
- b) La concentración del mineral a evaluarse en la sal mineralizada (se puede utilizar el establecido en la etiqueta). Aunque estudios realizados en la evaluación de los suplementos minerales comerciales para comprobar su concentración de los elementos nos han revelado que son poco confiables (McDowell, 1983) (véase cuadro 67).
- c) Consumo del suplemento mineral y de materia seca (cuando no se conocen, los investigadores han adoptado las cifras de 50 g y 2% del peso corporal/animal/día).

Dependiendo entonces de la zona en que se vaya a utilizar un compuesto y de las manifestaciones clínicas o estudios realizados en muestras vegetales y animales, la selección de cual mezcla mineral es la óptima se basará en la cantidad del elemento mineral aportada por el suplemento, o

Cuadro 67
Relación entre el contenido mineral de una sal mineralizada comercial de México y los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio

Elemento Mineral	Etiqueta %	Laboratorio
Ca	12.00	3.42
P	20.40	1.16
Mg	0.0038	0.153
K		0.756
Na	0.026	21.26
Fe	0.016	0.21
Cu	0.016	0.0035
Co	0.0016	0.0006
Mn	0.48	0.703
Mo		0.003
Zn	0.0008	0.0056

McDowell *et al.*, (1983).

que fuente mineral debería usarse para añadir el o los elementos minerales faltantes. En el cuadro 68 se enlistan las fuentes de minerales más comunes (McDowell *et al.*, 1983).

Sin embargo, el ganadero se puede enfrentar con los siguientes problemas: 1) que algunos fabricantes no dan los porcentajes de elementos individuales sino el porcentaje de los compuestos usados o una combinación de dos; 2) aunque el fabricante provee las concentraciones de los elementos en la etiqueta, luego sugiere que se diluye el producto con una cantidad de sal, dejándole al usuario la tarea de calcular cual es la concentración de los minerales en la mezcla final; 3) que en las etiquetas no se mencione el compuesto mineral utilizado lo que evitará el comprobar la disponibilidad biológica de la fuente mineral; 4) que la cantidad de un mineral que viene indicada en la etiqueta no sea la contenida en la mezcla. Por último, aunque uno tenga el suplemento mineral óptimo solo se podrá ver el beneficio que esta práctica proporciona siempre y cuando la mezcla mineral sea disponible y consumida por el animal, por lo que se deben revisar continuamente los comedores los cuales servirán como indicadores de su utilización por el animal.

Cuadro 68
Porcentaje y disponibilidad biológica de minerales
en compuestos comúnmente usados
en suplementos minerales

Elemento	Fuente	% elemento en el compuesto	Disponibilidad biológica
Azufre:	Sulfato de magnesio	22.6	Alta
	Sulfato de potasio	28.0	Alta
	Sulfato de sodio	10.0	Intermedia.
Calcio:	Piedra caliza dololita	22.3	Intermedia
	Fosfato monocalcico	16.2	Alta
	Fosfato tricalcico	31.0-34.0	
	Fosfato dicalcico	23.3	Alta
Cobalto :	Cloruro de cobalto	24.7	
	Sulfato de cobalto	21.0	
Cobre :	Cloruro de cobre	37.2	Alta
	Oxido de cobre	80.0	Baja
	Sulfato de cobre	25.0	Alta
Fosfato:	Fosfato de calcio	18.6-21.0	Alta
	Fosfato dicalcico	18.5	Intermedia
	Fosfato de potasio	22.8	Alta
	Acido fosfórico	23.0-25.0	Alta
Hierro:	Sulfato de hiero	20.0-30.0	Alta
Yodo :	Yodato de calcio	63.5	
	Yoduro de potasio	69.0	
Magnesio:	Oxido de magnesio	54.0-60.0	Alta
Manganeso:	Sulfato de Mn	27.0	Alta
	Oxido de Mn	52.0-62.0	Alta
Potasio:	Cloruro de potasio	50.0	Alta
	Sulfato de potasio	41.0	Alta
Sodio:	Elenita de sodio	45.6	Alta
Zinc:	Carbonato de zinc	52.0	Alta
	Cloruro de zinc	48.0	Intermedia
	Oxido de zinc	46-73.0	

McDowell *et al.* (1983).

Si los comederos están llenos de sal mineralizada, entonces:

Los pastizales proveen cantidades suficientes de los diversos elementos minerales necesitados.

La altura del comedero no es la adecuada

Está situado en un área que no es utilizada

Que la palatabilidad del suplemento sea mala

El suplemento mineral se ha convertido en algo incomedible debido a endurecimiento, hongos, contaminado con excretas o cualquier otro contaminante

Si los comederos están vacíos, entonces:

El suplemento pudo perderse por grietas, deslavados por la lluvia, o volados por el aire.

No se ofrece regularmente el compuesto.

Pocos comederos o muy pequeños.

Localizados en una zona poco accesible para el trabajador.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BARRADAS, H. 1980. *Interrelationships Among the Mineral Content of Solis, Forages and Cattle in the Central and Northern Regions of Veracruz, México*. Thesis of Master in Science. Department of Dairy Sci. Michigan State Univ. USA.
- BLACK, C.A. 1968. *Soil-Plants Relationships* 2nd Ed. Willey. New York, USA.
- CARAFOLI, E. y M. Crampton. 1978. *Regulation of Intracellular Calcium*. Curr. Top. Membr. Trans. 10:151.
- CHURCH, D.C. y W.G. Pond. 1976. *Basical Animal Nutrition and Feeding In: D.C Church*. O.B. Books. Oregon, USA.
- CONRAD, J.H. y J. Avila. 1978. "Predicción de las deficiencias minerales en los rumiantes basados en suelo, planta y tejido animal", En: J.H. Conrad y L.R. McDowell (eds). *Simposium Latinoamericano sobre investigación en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo*. Brazil p. 164.
- DAVIS, G.K. 1974. Copper and Molibdenum In: N.A.S. (eds). *Geochemistry and the Environment*. Vol. 1. The Relation of Selected Trace Elements to Healt and Disease. Vol. 1. Washigton, D.C. pp. 57-68.
- EPSTEIN, E. 1972, *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. Wiley. New York, USA.

- FLEMING, G. A. 1973. Mineral Composition of Herbage. In: G.W. Butler and R.W. Bailey(eds). Chemistry and Biochemistry of Herbage. Academic Press. P. 529-566.
- GARCÍA, B.C.M. 1995. "Suplementacion mineral para bovinos en pastoreo. En: Primer Seminario Ganadero. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco-Unión Ganadera Regional Huimanguillo", *Tab. Memoria*. p. 25-39.
- GEORGIEVSKII, V.I. 1982. "The Physiological Role of Macroelements". In: V.I. Georgievskii, B. N. Annenkov and V. T. Samokhin. *Mineral Nutrition of Animals, Butterworths*. London p. 91-158.
- GOMIDE, J.A. 1978. *Mineral Composition of grasses and tropical Leguminous Forages*.J. Proc. Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research With Grazing Ruminants. J. H. Conrad and R. R. McDowell (Ed.). University of Florida, Gainesville.
- KOMIZARCZUK, S., R.J. Merry, A.B. McAllan, R.H. Smith Y M. Litle, D.A. 1970." Factors of Importance in the Phosphorus Nutrition of Beef Cattle in Northern", *Australia. Austr. Vet. J.* 46:241.
- LARSEN, S. 1967. "Soil Phosphorus", *Adv. Agrom.* 19:151.
- LEBDOSEKOJO, S., C.B. Ammerman, N.S. Raun, J. Gomez and R.C. Litell. 1980. "Mineral nutrition of beef cattle grazing native pastures on the eastern plains of Colombia", *J. Anim. Sci.* 51:1249.
- MAYLAND, H.F., A.R. Florence, R.C. Rosenau y A. Lazar. 1975. "Soil Ingestión by Cattle on Semiarid Range as refleyed by Titanium Analisis of Feces", *J. Range Manage.* 6:448-452.
- MCDOWELL, L.R., J.H. Corand, G.L. Ellis y J.K. Loosli. 1983. *Minerals for grazing ruminants in tropical regions*. University of Florida, Gainesville.
- MCDOWELL, L.R., J.H. Corand, G.L. Ellis y J.K. Loosli. 1984. *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. Universidad de Florida, Gainesville.
- MCDOWELL, L.R. 1985. *Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates*. Academic Press Inc. p. 154-158.
- MCDOWELL, L.R., J.H. Conrad, J. Thomas, L. E. Harris y K. R. Fick. 1977. "Nutritional composition of Latin American forages", *Trop. Anim. Prod.* 2: 273.
- MENDES, M.O. 1977. *Mineral status of beef cattle in the northern part of Mato Grosso*, Brazil, as indicated by age, season and sampling technique. Ph.D. Dissertation, University of Florida, Gainesville.
- MILLER, W.J. 1979a. *Dairy Cattle Feeding and Nutrition* Ed. Academic Press. N.Y., USA.

ROJO-R, VÁZQUEZ-A., SALEM-A., MENDOZA-M., ARECE-G, DORANTES-C., OLMEDO-J.

- MILLER, W.J. 1979b. *Mineral and trace element nutritios of dairy cattle*, Chapter 5 in Dairy cattle Feeding and Nutrition, Academic Press, Inc., New York.
- MINSON, D.J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Acedemic Press, San Diego. 483 p. USA.
- METSON, A.J., E. J. Gibson, J.L. Junt y W.M.H. 1979. "Saunders". N.Z.J. *Agric. Res.* 22:309-318.
- NRC. 1980. *Mineral Tolerance of Domestic Animals National Academy*. Press Washinton. D.C. USA.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy Press. Washington, D. C. USA.
- NRC. 1985. *Nutrient Requirements of Sheep*. National Academy Press. Washington, D. C. USA.
- NRC. 1988. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Natl. Acad. Sci. Washington, D. C.
- NRC. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Natl. Acad. Sci. Washington, D. C.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Sheep*. National Academy Press. Washington, D. C. USA.
- POND, W.G. and M.H. Wallace. 1980." effect of Gestation-Lactation Diet Calcium and Zinc Levels and of Parenteral Vitamins A, D, and E. During Gestation on Ewe Body Weight and on Lambs Weight and Survival". *J. Anim. Sci.* 63:1019.
- TEJADA, M.; C, A. M.; Denen, H.; Radulovich, R. 1994. *Alimentación del ganado bovino durante la estación seca*. In Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios: de ladera con sequía estacional. Ed. por Ricardo Radulovich. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 95-146.
- UNDERWOOD, E.J. 1977. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Fourth Ed. Academic. Press, New York.
- UNDERWOOD, E.J. 1981. *The Mineral Nutrition of Livestok*. 2nd Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- VALDIVIA, R. y C.B. Ammerman. 1979. "Efecto de la ingestión de suelo en la absorción de fósforo en ovinos, ALPA". *Memoria*. 14-35.
- VAN SOEST, P.J. 1978. "A Preharvest factors influency Quality of Conserved Forages", *J. Anim. Sci.* 47:412.

MEJORAMIENTO DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DE GANADO PRODUCTOR DE LECHE EN EL SUR DEL ESTADO DE MÉXICO: TÉCNICA MICROHISTOLOGÍA Y SU APLICACIÓN

FELISA SARAI JIMÉNEZ-PERALTA^a, ISELA GUADALUPE SALAS-REYES^a,
MANUEL GONZÁLEZ-RONQUILLO^b, ANTONIA GONZÁLEZ-EMBARCADERO^c,
FRANCISCA AVILÉS-NOVA^a, BENITO ALBARRÁN-PORTILLO^{a*}

RESUMEN

El presente trabajo utiliza la técnica de microhistología vegetal como una herramienta para la determinación de la composición de la dieta de ganado en pastoreo, a partir de lo cual se pueden hacer ajustes en la alimentación del ganado, o el desarrollo de estrategias de alimentación que utilicen de forma eficiente de forma más eficiente los componentes del potrero. El objetivo del presente estudio, fue conocer la composición botánica de la dieta, la respuesta productiva y económica de vacas en pastoreo en un sistema de doble propósito, en Zacazonapan, Estado de México. El muestreo se dividió en tres periodos de 28 d: inicio (P1), mediados (P2) y finales (P3) de la época de lluvias (2011). Se monitoreó un hato de doble propósito con 25 vacas Pardo Suizo en producción, a partir del cual se seleccionaron 5 vacas y se siguieron la última semana de cada periodo durante el pastoreo, para tomar muestras de forraje de las áreas de consumo (corte de cuadrantes 0.5x0.5, n=5) a partir de los cuales se determinó la composición botáni-

^a Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, ^b Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México, ^c Departamento de Estudios e Investigación y Servicio de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. *Autor para correspondencia

ca de la pradera (CBP). En este mismo periodo durante la ordeña, se tomaron muestras de heces para la determinación de la composición botánica de la dieta (CBD), mediante la técnica de microhistología. Las variables de respuesta animal fueron rendimiento de leche (kg/vaca/d), rendimiento de grasa y proteína en leche (g/kg), peso vivo (kg) y condición corporal (escala 1-5). Se determinó el costo de producción de leche, tomando en cuenta costo de mano de obra (familiar y contratada), combustible, asistencia técnica, medicinas y costos fijos. El precio de venta de 1 L de leche fue de \$6.0. La CBD estuvo compuesta por las especies *Cynodon plectostachyus*, *Aeschinomene sp.*, *Paspalum convexum*, y *Paspalum notatum*, que representaron 44, 19, 17 y 7%, respectivamente. La producción de leche promedio fue 6.9 kg/vaca/d, con 31.1 g/kg de grasa y proteína en leche. El PV fue 419.5 (kg) y la CC fue de 1.5. El costo de producción por L de leche fue de \$2.6, por lo que existió un margen de ganancia por L de leche de \$3.4. La leguminosa *Aeschinomene sp.*, es el segundo componente de la dieta de los animales, por lo que al ser un forraje de buena calidad es indispensable desarrollar un programa de manejo de potreros con el objetivo de incrementar su frecuencia de tal forma que el animal obtenga mejores niveles productivos permitiendo así una producción de leche eficiente basada en el aprovechamiento de recursos locales. Se concluye que la producción de leche en la época de lluvias es sustentable en términos económicos y ecológicos al tener bajos costos de producción y basar la alimentación en recursos locales de buena calidad y bajo costo. A partir de la técnica de microhistología se determinó que la leguminosa *Aeschinomene sp.*, es un componente importante de la dieta de vacas en pastoreo, por lo que se puede incrementar la presencia de esta leguminosa en el potrero obteniendo beneficios tales como una mayor fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, así como proveer de forraje de alta calidad a los animales, con un potencial incremento en los rendimientos productivos de los animales.

INTRODUCCIÓN

Ganado en pastoreo en praderas asociadas con un gran número de especies vegetales tiene la capacidad de seleccionar diferentes especies, pero sobre todo forraje de la mayor calidad nutricional dentro del resto del forraje disponible.

La composición botánica de la dieta (CBD), es la proporción de las especies consumidas por los herbívoros. El estudio de la composición botánica de la dieta de herbívoros domésticos permite identificar las especies

que componen la dieta del ganado, que permita diseñar o ajustar programar de suplementación (Holechek *et al.*, 1982).

MÉTODOS PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA

Observación directa

Un procedimiento muy utilizado en estudios pasados y presentes en la CBD de herbívoros es la observación directa el animal en pastoreo. La observación directa es una técnica simple, requiere poco tiempo y de fácil realización. De la que existen variantes, a) Apreciación visual de los animales en pastoreo para plantas de ramoneo (Cook *et al.*, 1967), y b) colecta manual de muestras simulando la cosecha practicada por el animal (Coates y Penning, 2000), técnica conocida como “hand plucking” por su nombre en inglés (Flores *et al.*, 2002) como “pastoreo simulado” (Albarrán, 2002). Teniendo estas como desventajas, la dificultad para identificar las especies vegetales en el momento de las consumen los animales, la complicación para diferenciar a gran distancia los bocados verdaderos de los escrutinios durante el pastoreo, el grado de complejidad el estructura de la comunidad vegetal, el problema para desplazarse durante el observación sin perturbar a los animales y diferencias en el desarrollo tecnológico individual de las plantas (Holechek *et al.*, 1982).

Separación manual de las especies presentes en las muestras de extrusas o de contenido estomacal.

La mayoría de los casos durante la separación manual de las especies presentes en extrusas el posible identificar con facilidad los arbustos, sin embargo, los pastos y algunas hierbas dicotiledóneas son alterados por la masticación y/o digestión, lo que obstaculiza su identificación por esta vía (Holechek *et al.*, 1982).

Espectroscopia de refracción del infrarrojo cercano (NIRS por sus siglas en inglés) de muestras de heces o de extrusas

Estas han sido utilizadas para analizar muestras de heces y así predecir la composición botánica de la dieta de borrego. encontraron que cuando las muestras de *Artemisa tridentata* provenían de la misma población que las muestras de calibración, la predicción era muy precisa. Sin embargo, cuando las muestras provenían de una población diferente a las de calibración, la exactitud en la predicción de la proporción de dicha especie fue menor. Ese resultado implica que quizá sea necesario conformar muestras de calibración, cada estudio, lo cual limitaría las ventajas de la técnica.

Técnica microhistológica denominada también microtécnica

Un método empleado para estimar la composición botánica es el microhistológico, que se basa en la identificación de caracteres epidérmicos, tales como células epidérmicas, estomas, aparatos estomáticos, pelos, tricomas y glándulas, debido a que este análisis permite la identificación y cuantificación de los resultados y el cual puede realizarse en heces o contenidos ruminales (Catan *et al.*, 2007).

Fue diseñada por Dusi (1949) como un método cualitativo; dos décadas más tarde Sparks y Malechek (1968) la convirtieron además, en un método cuantitativo. La base de esta técnica radica en la identificación y cuantificación de fragmentos epidérmicos vegetales presentes en muestras de extrusas, estomacales o fecales. El tejido epidérmico resiste el proceso digestivo, por lo que es posible identificar los fragmentos en las muestras de estómago y fecales. Estas muestras se procesan con reactivos que elimina el parénquima y floema, a fin de conservar sólo la epidermis y los haces de xilema (que auxilian en la identificación). El tejido epidérmico presenta característica distintiva que permiten identificar familias, géneros y especies de plantas en general; sin embargo, existen especies y géneros de la familia de la familia Gramineae o Poaceae que resultan difíciles de diferenciar debido a las semejanzas histológicas de su epidermis.

La técnica se basa en la elaboración de dos tipo de laminillas, las permanentes o de referencia (también conocidas como laminillas patrón) y las temporales.

Las laminillas permanentes son aquellas elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio para determinar

características anatómicas de su epidermis. Esta característica se las especies en las muestras de heces, de extrusas y del contenido estomacal. Concluido el empleo de laminillas permanentes correspondientes a una determinada investigación se deben archivar para emplearse como referencia en futuros trabajos dentro de la misma área o áreas semejantes.

Las laminillas temporales se elaboran con las muestras provenientes de heces, extrusas o estómago de la dieta consumida por el animal. Una vez concluido su análisis puede desecharse.

Previo al iniciar la elaboración de laminillas permanentes hay que separar la planta en sus diferentes órganos como son: tallos, hojas, flor, fruto y semilla, y ponerlo a secar a cada uno. Esta separación tiene como finalidad de determinar las características anatómicas de la epidermis de cada órgano para estar en condiciones de poder identificar a que órgano pertenecen las partículas epidérmicas en las muestras de la dieta. Esta información permite cuantificar el consumo por órgano de la planta.

La técnica microhistológica presenta muchas ventajas, no obstante para su aplicación se enfrentan las siguientes dificultades: a) se requiere de equipo de laboratorio; b) debe contarse con una colección de referencia; c) el observador tiene que estar entrenando en la identificación de los fragmentos vegetales; d) la identificación de las plantas es laboriosa que consume tiempo; e) en muchos casos llegar hasta el nivel de especies es difícil e inclusive algunas veces se complica a nivel de género; f) es necesario tener el suficiente cuidado para evitar la pérdida de fragmentos vegetales durante la preparación de laminillas y g) la identificación de los fragmentos vegetales se complica cuando no se siguen procedimientos adecuados en la colección y procesamiento en las muestras.

COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA, RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE VACAS EN PASTOREO EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS, EN UN HATO DE DOBLE PROPÓSITO EN ZACAZONAPAN, ESTADO DE MÉXICO

INTRODUCCIÓN

La alimentación de bovinos en el Sur del Estado de México durante la época de lluvias se basa exclusivamente en el pastoreo libre en potreros, en los cuales se encuentran pastos nativos, pastos introducidos, árboles, arbustos y otras herbáceas que en conjunto proveen alimento para el ganado. La producción de hatos de doble propósito en esta zona, está determinada por una marcada estacionalidad: La época de secas y la época de lluvias, siendo en esta última donde hay abundancia de forraje verde (pastos y herbáceas), que son la base de la alimentación del ganado para esta época, lo que se refleja en costos de producción bajos, por ejemplo Albarrán *et al.* (2009) menciona que el costo de producción de un litro de leche en esta época es de \$2.5. Por el contrario, en la época de secas ante la falta de forraje los productores se ven en la necesidad de suplementar a los animales para mantener niveles adecuados de producción ya sea carne o leche, aumentando considerablemente los costos, por ejemplo, los costos de producción de un litro de leche (\$4.4) en esta época supera el costo por litro de leche pagado al productor (\$4.0) (Albarrán *et al.*, 2009). Desafortunadamente, en los rumiantes en pastoreo existe un problema fundamental en la nutrición y en el manejo de los potreros, y que es la determinación exacta de la composición botánica de la dieta (CBD) consumida (Galt *et al.*, 1980), no teniendo bases entonces para conocer la respuesta productiva y económica de esta, así como para diseñar mejores estrategias de manejo de los recursos forrajeros. Existen diferentes metodologías para la determinación de la CBD que permiten identificar las especies forrajeras preferidas, el efecto de variación botánica sobre la selectividad del consumo, y su variación en el valor nutritivo durante el pastoreo (Holechek *et al.*, 1989), teniendo como base la composición botánica del potrero (CBP). Una de ellas es la técnica microhistológica, ampliamente utilizada para estudiar la CBD. Más allá de las

ventajas de utilizar la técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982; Mollahamad *et al.*, 1995; Henley *et al.*, 2001), es importante saber que el uso de heces se recomienda por la facilidad en la obtención de las muestras, y porque se considera un método no invasivo, ya que no implica manipulación o sacrificio de los animales. Esta técnica se basa en la elaboración de dos tipos de laminillas: Las permanentes, elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio, y las temporales, que se elaboran con las muestras provenientes de las heces del animal (González y Améndola, 2010), con el objetivo de la identificación bajo microscopio de fragmentos epidérmicos vegetales, que poseen caracteres diagnósticos que permiten diferenciar las especies vegetales (Sepúlveda *et al.*, 2004).

Por lo tanto, se planteó como objetivo conocer la CBD de vacas en lactación en pastoreo en la época de lluvias, que permita desarrollar estrategias de alimentación eficientes basadas en forrajes. Así como determinar el costo de producción de un litro de leche para esta época.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Zacazonapan, ubicado al Suroeste del Estado de México, teniendo un clima cálido sub-húmedo, una altura de 1,470 msnm, con una temperatura media anual de 23°C (31°C máxima y 15°C mínima), y una precipitación anual de 1,800 mm.

El estudio se realizó en los meses de agosto a octubre del año 2011, dividiéndose la época de lluvias en tres periodos experimentales (PE) (28 días cada uno): P1: inicio (Agosto), P2: mediados (Septiembre) y P3 finales (Octubre).

Se seleccionaron cinco vacas pardo suizo multíparas de un hato de 25, con un peso de 400±50 kg, encontrándose en la primera mitad de lactación. Los animales permanecieron las 24 h del día en un potrero de 100 ha, cuya composición botánica (pastos) fue: *Cynodon plectostachios* 44%, *Brachiaria plantaginea* 17%, *Paspalum convexum* 12%, *Cynodon dactylon* 11%, *Eleusine indica* 5%, *Paspalum conjugatum* 4%, *Paspalum scrobiculatum* 2% y *Digitaria bicornis* 1%. Además de los pastos existen en el potrero árboles y arbustivas que se ha observado son consumidos principalmente durante la época de secas ante la escasez de pastos (Ortiz *et al.*, 2010).

El muestreo de la CBP se midió los últimos cinco días de cada PE, coincidiendo con el registro de los rendimientos productivos de las vacas, i.e. rendimiento de leche (kg/vaca/día), contenido de grasa y proteína en la leche (g/kg) con el equipo Lactoscan milk analyzer®, peso vivo (kg/día) y

condición corporal (escala de 1 a 5 puntos, donde 1 es muy flaco y 5 es muy gordo) (Wildman *et al.*, 1982).

La CBP, se determinó a partir de observación directa del forraje consumido por las vacas experimentales, colocando un cuadrante metálico (0.5 x 0.5) en el lugar de consumo, dentro del cuál se contó el número de plantas. Los resultados fueron reportados como frecuencia acumulada (FA) y frecuencia relativa (FR) de acuerdo a Martínez (1960).

Posteriormente se cortó el forraje dentro del cuadrante a ras de suelo. A partir de lo anterior, se determinó masa herbácea (kg/ha) y composición botánica (especies de pastos). El forraje cortado dentro del cuadrante fue separado por especie, a partir de los cuales se prepararon laminillas permanentes (muestras patrón), de las especies de plantas presentes en el área de pastoreo. Además, se procedió a separar cada especie de pasto por tallo, vaina, lámina e inflorescencia, con el objetivo de facilitar la identificación específica. Después, se procedió a realizar la identificación taxonómica de cada una de las especies.

Composición botánica de la dieta (CBD). Con el propósito de que el análisis de la dieta fuera representativo de la CBP, las muestras de heces se recolectaron durante la ordeña, en el mismo periodo en que se realizó la evaluación botánica del agostadero, así como el registro de variables de respuesta animal. Las muestras de heces se tomaron directamente del recto de cada animal, estas se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 70°C por 48 h, y posteriormente se molieron en un molino Willey con una malla de 1mm. A continuación, se procedió a la elaboración de las laminillas temporales (González y Améndola, 2010). Las especies que quedaron dentro de los campos de las laminillas fueron contabilizadas para obtener la CBD. Se prepararon 14 portaobjetos por muestra, por periodo de heces del animal, en los cuales se evaluaron 280 campos en microscopio óptico de 10X. En cada campo se determinó la frecuencia relativa (Fr), densidad relativa (Dr) y tasa de selección (TS) o índice de preferencia (IP) Coates y Penning (2000).

ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos por actividad, que permite determinar el costo de producción de leche considerando los costos y retornos económicos de la actividad de producción de leche, que en este casos fueron: alimentación (forraje de potrero), mano de obra (familiar y contratada), combustible, costos varios (i.e. asistencia

técnica, medicinas etc.), y costos fijos (depreciación de instalaciones), de acuerdo a Wiggins *et al.* (2001), y Espinoza-Ortega *et al.* (2007).

El costo de alimentación por concepto de consumo de forraje se determinó a partir de lo siguiente. El productor dueño de la unidad de producción no incurren en ningún gasto por concepto de mantenimiento de los pastizales dentro de los potreros, excepto en la reparación de cerco perimetral pero este costo esta incluido en costos varios. No hay o por lo menos no ha habido siembra de pastos en los últimos 10 años. Por lo que para asignar un costo al forraje que consumen los animales se preguntó que en caso de no contar con potreros donde pastaran las vacas, ¿cuánto tendría que pagar por vaca para tener acceso a potrero?. A partir de lo anterior se determinó que el costo por vaca para tener acceso a potrero era de \$500 por un año.

Por lo anterior, el costo del forraje que representó el 100% de la alimentación del ganado en la época de lluvias (2012), se obtuvo al dividir \$500 entre 365 días del año, y se multiplicó por los días de duración del experimento (97), para estimar el costo de alimentación por concepto de forraje por vaca.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Las variables de la composición botánica del agostadero y de la dieta se analizaron utilizando una estadística descriptiva (Steel y Torrie, 1988).

Medición de las variables productivas. Sé utilizó un diseño completamente al azar, de las especies presentes en los tres periodos. Los tratamientos fueron los periodos de muestreo (inicio, mediados y finales de lluvias) y las especies las unidades de muestreo (Steel y Torrie, 1988).

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta en tratamiento i , repetición j

μ = media general

t_i = efecto del periodo ($j = 1, 2, 3$)

ϵ_{ij} = error aleatorio

Las variables respuesta animal fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM, del paquete estadístico SAS (2010). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tuckey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 69 se presentan las especies forrajeras identificadas dentro del potrero, para los tres periodos experimentales. Este mismo tipo de recursos ya han sido reportados con anterioridad por Ortiz-Rodea *et al.* (2010), quienes determinaron que en general el sistema de producción de bovinos de Zacazonapan tiene altos índices de riqueza como de biodiversidad vegetal.

A partir de la técnica microhistológica se encontró que la composición botánica de la dieta se compuso por la herbácea: *Aeschynomene sp.*, (19%), gramíneas como *Cynodon plectostachyus* (44%), *Paspalum convexum* (17%), *Paspalum notatum* (7%), y dos especies del grupo de las dicotiledóneas (13%), teniendo consumo en los PE1 y PE2 a las dicotiledóneas en una menor proporción con un 10.98%, siendo para el P2 y P3 *Paspalum notatum* el de menor proporción 4.75% y 9.83%. Y al *Cynodon plectostachyus* en mayor proporción en los tres periodos de muestreo: 44.51%, 44.40% y 44.22% respectivamente (véase cuadro 70).

El consumo de las herbáceas, gramíneas y dicotiledóneas se mantuvo estable a través de los periodos de muestreo, lo cual en general obedece a la presencia de estos recursos forrajeros dentro de los potreros durante los periodos de estudio.

Las gramíneas representaron el 68% de la composición botánica de la dieta, lo cual resulta obvio y concuerda con la composición botánica de los potreros reportado por Salas (2011), para el sistema de producción de bovinos doble propósito de Zacazonapan, ya que estas gramíneas son representativas de esta zona.

Lo importante a destacar en este estudio es la importancia de la leguminosa *Aeschynomene sp.*, dentro de la dieta de las vacas a lo largo de los meses de Agosto, Septiembre y Octubre. Esto debido a que es una leguminosa nativa que al igual que muchas otras leguminosas asociadas a gramíneas dentro de potreros permiten incrementar la calidad y cantidad de forraje de los potreros, y por ende la productividad del sistema de bovinos de doble propósito en Zacazonapan.

El poder incrementar la frecuencia y densidad de esta leguminosa en los potreros permitirá aumentar el valor nutritivo del forraje y consumo voluntario de los animales, lo cual permitiría incrementar los niveles de producción de carne y leche del sistema manteniendo bajos costos de producción. Sin mencionar los beneficios que las leguminosas aportan al agroecosistema (i.e. fijación biológica de nitrógeno etc.).

Cuadro 69
Especies identificadas en el potrero, por periodo
durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre
en Zacazonapan, Estado de México

Forma biológica	Especie	Ago.	Sep.	Oct.
Leñosas	<i>Acacia farnesiana</i>	X	X	
	<i>Ceiba pentandra</i>	X	X	
	<i>Crescentia alata</i>	X	X	X
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	X	X
	<i>Ipomea murucoides</i>	X	X	X
	<i>Leucaena leucocephala</i>	X	X	X
	<i>Lysoloma acapulcensis</i>	X	X	X
	<i>Morus nigra</i>	X	X	X
	<i>Phitecellobium lanceolatum</i>	X	X	X
	<i>Aeschynomene sp.</i>	X	X	X
	<i>Bidens pilosa</i>		X	X
	<i>Cyperus sp.</i>	X		X
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>		X	X
Herbáceas	<i>Ipomea sp.</i>	X	X	
	<i>Ipomea tricolor</i>	X	X	
	<i>Labiada sp.</i>	X		
	<i>Senna sp.</i>	X		
	<i>Tagetes lunuata</i>	X	X	X
	<i>Brachiaria hibrido</i>	X	X	X
Gramíneas	<i>Brachiaria humidicola</i>	X	X	X
	<i>Cynodon plectostachyus</i>	X	X	X
	<i>Digitaria bicornis</i>	X	X	X
	<i>Paspalum convexum</i>	X	X	X
	<i>Paspalum nonatum</i>	X	X	X

Cuadro 70
Composición botánica del potrero y de la dieta de vacas lactantes en la época de lluvias
(meses Ago, Sep y Oct) en Zacazonapan

Forma biológica	Especie	Composición botánica %					
		P1 CBP	P1 CBD	P2 CBP	P2 CBD	P3 CBP	P3 CBD
Herbáceas	<i>Aeschynomene sp.</i>	23.0	23.2	13.2	18.4	15.0	18.1
Gramíneas	<i>Cynodon plectostachyus</i>	38.7	44.5	44.1	44.4	44.1	44.2
	<i>Paspalum convexum</i>	19.4	21.3	16.5	18.4	18.9	14.0
Dicotiledóneas*	<i>Paspalum nonatum</i>			14.0	4.8	6.7	9.8
		18.8	11.0	12.3	14.0	15.4	14.0

P1: Agosto P2: Septiembre P3: Octubre *En ciertos casos, solo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. (CBA) Composición botánica del potrero (CBD) Composición botánica de la dieta

Cuadro 71
Índice de preferencia de las especies que componen la dieta de vacas lactantes en pastoreo

Forma biológica	Especie	Tasa de selección		
		PE1	PE2	PE3
Herbáceas	<i>Aeschynomene sp.</i>	1.01	1.40	1.21
Gramíneas	<i>Cynodon plectostachyus</i>	1.15	1.01	1.00
	<i>Paspalum convexum</i>	1.10	1.12	0.74
Dicotiledóneas*	<i>Paspalum nonatum</i>		0.34	1.47
		0.58	1.14	0.91

P1: Inicio lluvias P2: Medios de lluvias P3: Finales de lluvias *En ciertos casos, solo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. Valores menores a uno: Especies rechazadas por el animal y mayores a uno: Especies preferidas por el animal.

Resultados similares en relación a *Paspalum notatum* fueron reportados por Milpa (2011) para ovinos pastoreando en época de lluvias en el Sur del Estado de México. Los resultados encontrados en la proporción de la dieta consumida por los bovinos están relacionados a los porcentajes de las especies encontradas en el agostadero; Sin embargo, algunos trabajos reportan que el forraje disponible no constituye automáticamente la preferencia de la dieta consumida por los herbívoros, pues afirma que los fundamentos para la selectividad parecen variar con el ambiente, incluso los bovinos pueden compensar situaciones de baja calidad de forraje con el consumo preferencial de vegetación de mayor calidad.

En el cuadro 71 se presenta el índice de preferencia (IP) de especies que es una relación entre la vegetación que compone la dieta y la vegetación presente en el potrero. Este indicador fluctúa entre -1 y +1 con valores negativos para componentes rechazados, y valores positivos para componentes preferidos (González y Améndola, 2010).

La gramínea *Cynodon plectostachyus* fue la especie con mayor (IP) en el PE1 (agosto), mientras que en el PE2 *Aeschynomene sp.*, fue la más preferida (1.40), y *Paspalum nonatum* en el PE3 fue la especie con mayor IP (1.47). Las dicotiledóneas en el P2 alcanzaron un IP de 1.14, siendo estas rechazadas en el P1 y P3.

En el cuadro 72, se presenta las variables productivas de las vacas. Existieron diferencias significativas entre PE, registrándose los mayores niveles de producción de leche (kg/vaca/día), y grasa en leche (g/kg), en los PE 2 y 3. De igual forma, el peso vivo y la condición corporal de las vacas se incrementaron hacia finales de la temporada de lluvias.

Los costos y los retornos de producción para el hato productor de leche se presentan en el cuadro 73. El promedio de producción de 6.9 leche (kg/vaca/día), mientras que del hato de 25 vacas en promedio hubo 18 vacas en producción en la época de lluvias. El precio pagado al productor fue de \$6.0/kg de leche. Teniendo entonces que el costo de producción por litro de leche para esta época fue de \$2.9. Resultados similares fueron encontrados por Albarrán *et al.* (2009), quienes reportaron que el costo de producción de 1 kg de leche para la época de lluvias fue de \$2.5. La poca variación entre lo reportado por ellos y el costo actual, obedece a que los componentes de los costos tales como mano de obra, asistencia técnica, medicinas y otros varios no han tenido cambios importantes en la región de estudio.

El margen de ganancia si se ha incrementado con respecto a lo reportado en 2009 por Albarrán y colaboradores. En ese entonces era de \$1.5 por kg de leche vendido, mientras que ahora el margen de ganancia se duplicó (\$3.3), debido al incremento en el precio pagado al productor, mientras que los costos se han mantenido con muy poca variación (\$2.5 vs \$2.7).

Cuadro 72

Variables de respuesta animal: leche (kg/vaca/día), grasa y proteína en leche (g/kg), peso vivo (kg/vaca) y condición corporal (CC) a lo largo de la época de lluvias

Variable/Periodo	Ago	Sep	Oct	Promedio	EEM
Producción leche (Kg)	5.0a	8.3b	7.4b	6.9	0.32
Grasa (g/Kg)	25.3a	34.7b	33.3 b	31.1	2.70
Proteína (g/Kg)	31.3	30.5	31.3	31.0	0.75
Peso Vivo (Kg)	391.6 a	425.2 ab	441.8 b	419.5	13.20
CC (1-5 pts)	1.5	1.5	1.75	1.6	

PE = Periodo experimental1 (Ago), 2 (Sep) y 3 (Oct). Literales diferentes en hileras indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Cuadro 73

Análisis económico costos y retornos producción de leche en la época de lluvias, en Zacazonapan, Estado de México, de un hato de 18 vacas en producción

Concepto	
Kg leche producida	11,016
Precio de venta/kg de leche	\$ 6.0
Total de retornos en efectivo	\$ 66,096
Costo de producción/Kg de leche	\$ 2.9
Costo total de producción	\$ 31,946
Margen neto	\$ 34,150
Margen/Kg de leche	\$ 3.1

En el cuadro 74, se observa la estructura del costo de producción de 1 kg de leche, que fue de \$2.82, siendo muy similar (\$2.53) al costo de producción reportado para la misma región y época de año por Albarrán *et al.* (2009).

La mano de obra contratada y familiar representaron el 68% del costo de producción de 1 kg de leche. En tercer lugar fue el combustible con 11%, mientras que la alimentación, que en este caso fue únicamente por concepto del forraje que consumieron los animales representó el 7%. Los costos fijos representaron 3% de los costos totales, en este rubro se considero las

pocas instalaciones con la que cuenta el productor que consistió en un almacén de alimentos que había sido construido por lo menos 20 años atrás.

El punto fundamental de este tipo de sistemas de producción es el bajo uso de insumos externos. El hecho de que los productores no tengan instalaciones ni maquinaria permite que estos sistemas no tengan costos fijos importantes.

La alimentación en la época de lluvias se basa exclusivamente en el libre pastoreo en potreros de forma extensiva, a los cuales no se les hace mantenimiento alguno, lo que explica un muy bajo costo de producción.

Cuadro 74

Comparación de estructura de costos de producción de 1 kg de leche con un costo de \$2.82

Rubro	%
Mano de obra contratada	0.36
Mano de obra familiar	0.32
Combustible	0.11
Alimentación forraje de potrero	0.07
†Costos varios	0.10
‡Costos fijos	0.03
Total	1.00

Costos varios = sales minerales, medicinas, asistencia técnica; ‡ Costos fijos = depreciación instalaciones

CONCLUSIONES

La composición de la dieta de vacas lactantes en la época de lluvias se compuso en su mayoría por gramíneas previamente reportadas como representativas de las praderas de esta zona. Sin embargo se encontró que la leguminosa *Aeschynomene sp.*, representó el 19% de la composición botánica de la dieta durante los meses de estudio. Por lo que es importante, a partir de esto desarrollar estrategias para incrementar la presencia de esta especie en los potreros de forma que pueda tener un impacto positivo en los niveles de producción animal.

El costo de producción de leche es altamente competitivo, basado en el uso de forrajes de bajo costo.

Figuras de Tejidos de las especies que componen la dieta de vacas en pastoreo

Figura 28
Aeschinomene sp. Hoja

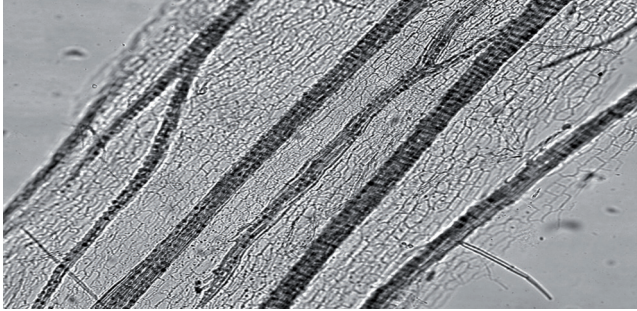


Figura 29
Aeschinomene sp. Tallo



Figura 30
***Cynodon plectostachyous*. Hoja**

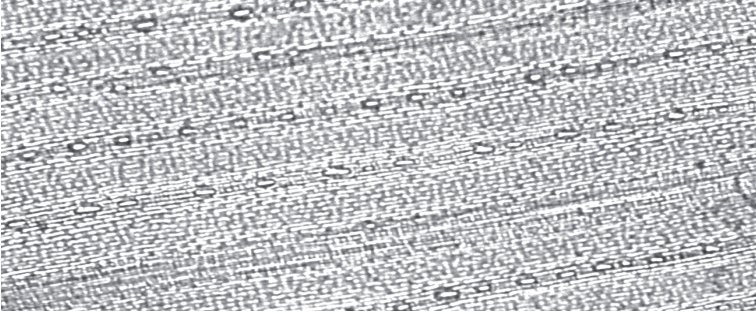


Figura 31
***Cynodon plectostachyous*. Tallo**

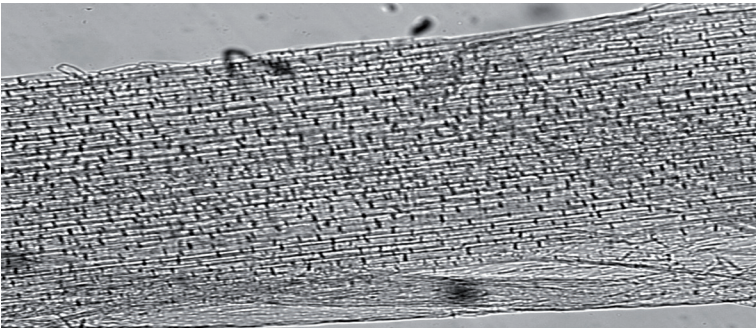


Figura 32
***Paspalum convexum*. Hoja**

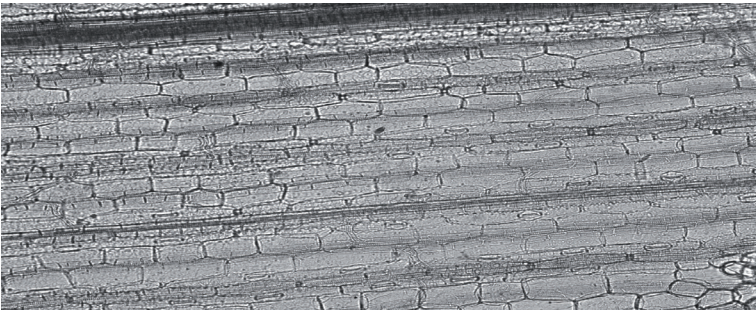


Figura 33
***Paspalum convexum*. Tallo**

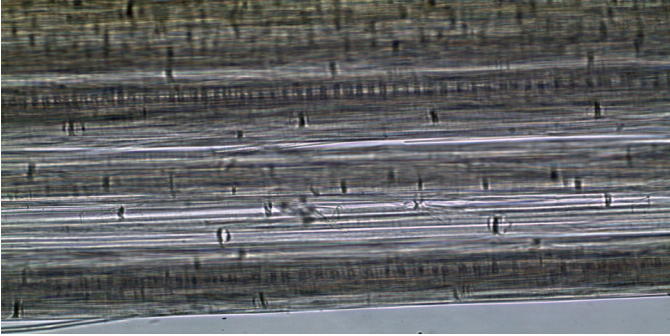


Figura 34
***Paspalum notatum*. Hoja**

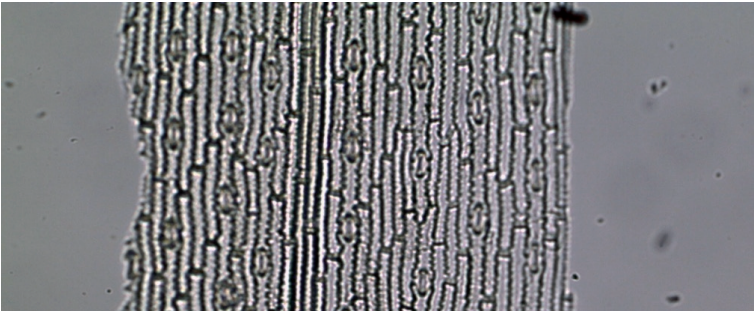
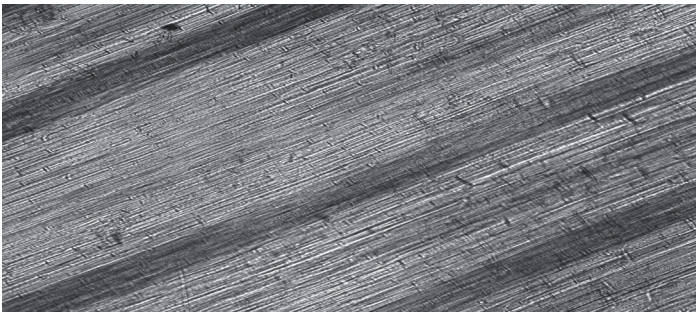


Figura 35
***Paspalum notatum*. Tallo**



BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALBARRÁN Portillo, Benito, Salas Reyes, Isela G., Esparza Jiménez, Sherezada, Hernández Martínez, Juvencio, Rebollar Rebollar, Samuel, y Anastacio García Martínez. 2009. "Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de Doble Propósito en el Sur del Estado de México". En *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*. Coordinadores Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Carlos F. Marcof Álvarez, Benito Ramírez Valverde. Universidad Autónoma Chapingo., pp 179-190.
- BARGO, F, Muller, L.D., Delahoy, J.E., Cassidy, T.W. 2002. "Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowance". *J Dairy Sci* 85. 1777-1792.
- CATAN, A., Degano, C.A., Werenitzky, D. 2007. "Evaluación de criterios de lectura microhistológica para la cuantificación de *Sphaeralcea bonariensis*" (cav.) Pl Lorentz en mezclas manuales. *Tecnica Pecuaria en México*. 45(001): 77-83.
- COATES, D.B., Penning, P.D. 2000. "Measuring animal performance". En: 't Mannelje L., and Jones, R.M (Eds), *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*, CABI Publishing, CAB International, Wallingford. pp 353-402.
- EMBARCADERO, A.G., Améndola, R.M. 2010. *Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros*. Universidad Autónoma Chapingo., pp 85-105
- EMM. 2005. *Enciclopedia de los municipios de México*. Estado de México (en línea) Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México. http://ww.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_mexico (Consultada el 17 de septiembre de 2011).
- ESPARZA, S. 2012. *Respuesta productiva y económica de la suplementación en vacas doble propósito en Zacazonapan, Estado de México*. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México
- ESPOINOZA-ORTEGA, A., Espinoza-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., and Arriaga Jordán, C.M. 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspect and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*. 43: 241-256.
- GALT, H.D., Ogden, P.R., Ehrenreich, J.H., Theurer, B., Clark, M. 1980. "Estimación de la composición botánica de muestras de forraje obtenidas de

- novillos con fistula esofágica, por el método de punteado microscópico". En: *Rendimiento del pastizal*. p. 173-177.
- GONZÁLEZ-EMBARCADERO, A., Améndola-Massiotti, R. 2010. *Técnica microhistológica para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros*. Universidad Autónoma Chapingo.
- HENLEY, S.R., Smith, D.G., Raats, J.G. 2001. "Evaluation of 3 techniques for determining diet composition". *Journal of Range Management*. 54: 582-588.
- HOLECHECK, J.L., Pieper, R.D., Herbel, C.H. 1989. *Range Management. Principles and practices*, prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 501 p.
- HOLECHECK, J.L., Vavra, M., Pieper, R.D. 1982. "Botanical composition determination or range herbivore diet: a review". *Journal of Range Management*. 35: 309-315.
- MARTÍNEZ, M.F. 1960. *Muestreo de pastizales en zonas áridas. Análisis botánicos por el método en línea Canfield*. Tesis profesional. Departamento de bosques. ENA, México.
- MILPA, C.C. 2011. *Composición botánica y valor nutritivo de la dieta de ovinos pastoreando en pastizales nativos en la época de lluvias en el Sur del Estado de México*. Tesis de Maestría Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- MOHAMMAD, A.G., Pieper, R.D., Wallace, J.D., Holechek, J.L., Murray, L.W. 1995. "Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle". *Journal of Range Management*. 48: 202-205.
- ORTIZ Rodea, A., García Martínez, A., Rojo Rubio, R., Esparza Jiménez, S., Albarrán Portillo, B. 2010. "Caracterización socioeconómica del sistema de producción bovino de Zacazonapan". En: *Los grandes retos para la ganadería: Hambre, Pobreza y Crisis Ambiental*. Capítulo 3: La ganadería y su contribución al desarrollo territorial. Coordinadores: Beatriz A. Cavallotti Vázquez. Carlos F. Marcof Álvarez y Benito Ramírez Valverde. Editorial Universidad Autónoma Chapingo. pp. 191-202.
- ORTIZ, R.M. 2005 *Calidad de la leche en explotaciones de ganado bovino de doble propósito en tabasco*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo., pp 97.
- SAS INSTITUTE, 2002. *SAS User's Guide: Statistics*. Ver 9.0. SAS Institute. Cary, N.C. USA. 956 p.
- SALAS Reyes, I.G. 2011. *Caracterización de praderas en Zacazonapan, Estado de México*. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma del Estado de México.

- SEPÚLVEDA, P.L., Pelliza de S.A., y Manacorda, M. 2004. "La importancia de los tejidos no epidérmicos en el microanálisis de la dieta de herbívoros". *Ecología Austral* 14: 31-38.
- STEEL, R.G.D. y Torrie, J.H. 1989. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill. México. pp. 181-184.
- WESTOBY, M., Rost, G.R., Weis, J. 1976. "Problems with estimating herbivore diets by micropically identifying plant fragments from stomachs". *Journal Mammal*. 57:167-172.
- WIGGINS, S., Tzintzun-Rascón, R., Ramírez-González, M., Ramírez-Valencia, F.J., Ortíz-Ortíz, G., Piña-Cárdenas, B., Aguilar-Barradas, U., Espinoza-Ortega, A., Pedraza-Fuentes, A., Rivera-Herrejón, G., Arriaga-Jordán, C.M. 2001. *Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala en la zona central de México. La lechería como empresa*. Toluca, México. Serie Cuadernos de Investigación. Cuarta Época 19. Universidad Autónoma del Estado de México.
- WILDMAN, E.E., Jones, G.M., Wagner, P.E., Bomas, R.L., Troutt, H.F. Jr., Lesch, T.N. 1982. "A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics". *Journal of Dairy Science*, 65:495-501.

**Metodologías y aplicaciones para la producción ganadera
del Trópico Seco en el Sur del Estado de México**

Se terminó de imprimir el 15 de enero de 2014.

El tiro consta de 1,000 impresos mediante *Offset* en papel Kromos bond de 37 kg. En su composición se usó el tipo Times New Roman Regular en 10.5 puntos.