



LA GANADERÍA EN CONDICIONES DE TRÓPICO SECO

El caso del sur del Estado de México, condiciones
actuales y perspectivas de desarrollo

Anastacio **García Martínez**
Benito **Albarrán Portillo**
Samuel **Rebollar Rebollar**

Coordinadores



LA GANADERÍA EN CONDICIONES DE TRÓPICO SECO

El caso del sur del Estado de México, condiciones
actuales y perspectivas de desarrollo

Anastacio García Martínez
Benito Albarrán Portillo
Samuel Rebollar Rebollar

Coordinadores

1a edición, marzo de 2018

ISBN: 978-607-422-922-6

ISBN versión digital: 978-607-422-921-9

D. R. © Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto Literario núm. 100 ote.
Centro, C.P. 50000,
Toluca, Estado de México
<http://www.uaemex.mx>

Este libro cuenta con el aval de dos pares externos.

El contenido de esta publicación es responsabilidad de los autores.

En cumplimiento del Reglamento de Acceso Abierto de la Universidad Autónoma del Estado de México, la versión digital de esta obra se pone a disposición del público en el repositorio de la UAEM (<http://ri.uaemex.mx>) para su uso en línea con fines académicos y no de lucro, por lo que se prohíbe la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de esta presentación impresa sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

Impreso y hecho en México

ÍNDICE GENERAL

Presentación	17
--------------------	----

SECCIÓN UNO

Caracterización de unidades de producción de ganado bovino	19
---	-----------

Capítulo 1

Situación actual de la ganadería de bovinos en el municipio de Tejupilco	21
<i>Roberto Contreras Jaramillo, Benito Albarrán Portillo y Anastacio García Martínez</i>	

Capítulo 2

Tipificación de unidades de producción de ganado bovino en Tejupilco, Estado de México	49
<i>Rocío Piedra Matías, Samuel Rebollar Rebollar y Anastacio García Martínez</i>	

Capítulo 3

Tipología de unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya, Estado de México	73
<i>Graciela Hernández Dimas, Francisca Avilés Nova, Anastacio García Martínez</i>	

Capítulo 4

Situación actual de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya	95
<i>Anastacio García Martínez y José Matilde Flores Cardoso</i>	

Capítulo 5

Evaluación económica de la ganadería doble propósito en el municipio de Tlatlaya	125
<i>Jovel Vences Pérez, José Fernando Vázquez Armijo y Anastacio García Martínez</i>	

Capítulo 6

Tipificación de unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Amatepec, Estado de México	149
<i>Anastacio García Martínez, Adriana de Lizt Nájera Garduño y Rolando Rojo Rubio</i>	

Capítulo 7

Caracterización socioeconómica de un sistema de producción de doble propósito del sur del Estado de México	167
<i>Benito Albarrán Portillo, Samuel Rebollar Rebollar y Anastacio García Martínez</i>	

SECCIÓN DOS

Estrategias de alimentación en unidades de producción de ganado bovino	183
---	------------

Capítulo 8

Caracterización nutricional de recursos forrajeros en el sur del Estado de México	185
<i>Benito Albarrán Portillo, Francisca Avilés Nova y Rolando Rojo Rubio</i>	

Capítulo 9

Desarrollo de estrategias de suplementación para vacas en lactación en la época de secas en un sistema de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México	203
<i>Benito Albarrán Portillo, Anastacio García Martínez y Carlos Manuel Arriaga Jordán</i>	

Capítulo 10

Respuesta productiva y económica a la suplementación con concentrados en vacas lecheras en Zacazonapan, Estado de México	217
<i>Benito Albarrán Portillo, Rolando Rojo Rubio y Carlos Manuel Arriaga Jordán</i>	

Capítulo 11

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	229
<i>Felisa Sarai Jiménez Peralta y Benito Albarrán Portillo</i>	

Capítulo 12

Evaluación de la sostenibilidad en unidades de producción doble propósito durante la época de lluvias, en Zacazonapan, Estado de México	245
<i>Isela Guadalupe Salas Reyes, Carlos Manuel Arriaga Jordán y Benito Albarrán Portillo</i>	

Capítulo 13

Sostenibilidad ecológica de los subsistemas de producción de ganado bovino de Zacazonapan	257
<i>Arturo Ortiz Rodea, Anastacio García Martínez y Benito Albarrán Portillo</i>	

Índice de cuadros

Sección 1. Caracterización de unidades de producción de ganado bovino

Capítulo 1. Situación actual de la ganadería de bovinos en el municipio de Tejupilco

Cuadro 1. Asociaciones ganaderas de Tejupilco incluidas en el tamaño de muestra	26
Cuadro 2. Estructura de los estratos obtenidos para la descripción de las UP ganaderas en la zona de estudio	26
Cuadro 3. Estructura familiar y principales indicadores de continuidad	27
Cuadro 4. Disponibilidad de mano de obra en las UP	28
Cuadro 5. Ha de superficie agrícola útil (SAU), uso y aprovechamiento del suelo	29
Cuadro 6. Distribución de la SAU disponible	30
Cuadro 7. Distribución e importancia de las principales razas de ganado bovino en la zona de estudio	32
Cuadro 8. Indicadores reproductivos en las UP analizadas	33
Cuadro 9. Tiempo de aprovechamiento de la superficie agrícola útil (SAU)	35
Cuadro 10. Indicadores del manejo de la superficie agrícola útil (SAU)	36
Cuadro 11. Ingreso total (IT) en las UP de ganado bovino (miles de pesos)	37
Cuadro 12. Costos totales en las UP de ganado bovino (miles de pesos)	39
Cuadro 13. Principales indicadores económicos en las UP de ganado bovino	40

Capítulo 2. Tipificación de unidades de producción de ganado bovino en Tejupilco, Estado de México

Cuadro 1. Variables utilizadas en la tipificación de los sistemas ganaderos	54
Cuadro 2. Factores obtenidos en el ACP y varianza total explicada	55
Cuadro 3. Coeficiente de correlación de las variables sobre los tres primeros factores	55
Cuadro 4. Características promedio de los grupos observados	59
Cuadro 5. Características promedio de los grupos observados. Variables que complementan la explicación de los grupos obtenidos del AC	60

Capítulo 3. Tipología de unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya, Estado de México

Cuadro 1. Variables utilizadas en la tipificación de los sistemas ganaderos	78
Cuadro 2. Factores obtenidos en el ACP y varianza total explicada	78

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de las variables sobre los tres primeros factores	79
Cuadro 4. Características medias de los grupos de UP	81
Cuadro 5. Variables que complementan la explicación de las UP	83

Capítulo 4. Situación actual de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya

Cuadro 1. Ha de superficie agrícola útil, uso y aprovechamiento	101
Cuadro 2. Distribución de la SAU (ha)	102
Cuadro 3. Estructura de la familia	103
Cuadro 4. Disponibilidad de UTA	103
Cuadro 5. Tamaño y estructura del hato	105
Cuadro 6. Reposición del hato (%)	107
Cuadro 7. Razas de ganado (%)	109
Cuadro 8. Porcentaje de aprovechamiento de forrajes en diferentes zonas	110
Cuadro 9. Fertilización de forrajes	112
Cuadro 10. Ingresos por venta de animales (\$)	114
Cuadro 11. Principales costos promedio de la producción (\$)	116
Cuadro 12. Indicadores económicos de la UP	117

Capítulo 5. Evaluación económica de la ganadería doble propósito en el municipio de Tlatlaya

Cuadro 1. Superficie disponible y distribución de los aprovechamientos (ha)	129
Cuadro 2. Disponibilidad de mano de obra	131
Cuadro 3. Dimensión y estructura del hato	131
Cuadro 4. Indicadores del manejo del ganado en la UP	133
Cuadro 5. Relación macho-hembra en función de los animales nacidos	133
Cuadro 6. Estructura del hato de animales nacidos	134
Cuadro 7. Animales para la venta	134
Cuadro 8. Número de animales vendidos en las UP de estudio	135
Cuadro 9. Otros animales bovinos o productos vendidos en las UP en estudio	135
Cuadro 10. Distribución de los costos de producción (\$) en la UP	136
Cuadro 11. Precios unitarios de venta de animales y productos obtenidos en las unidades de producción	138
Cuadro 12. Estructura de los principales ingresos en las UP en estudio	139
Cuadro 13. Indicadores económicos de la UP	141

Capítulo 6. Tipificación de unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Amatepec, Estado de México

Cuadro 1. Factores obtenidos en el ACP y varianza total	155
Cuadro 2. Coeficiente de correlación de variables con los cuatro primeros factores	156
Cuadro 3. Medias de los grupos en el análisis de componentes principales	159
Cuadro 4. Medias de variables complementarias en la explicación de grupos	160

Capítulo 7. Caracterización socioeconómica de un sistema producción de doble en Zacazonapan, Estado de México

Cuadro 1. Variables socioeconómicas de los productores intensivos de doble propósito	170
Cuadro 2. Recursos forrajeros de los productores intensivos de doble propósito de Zacazonapan	173
Cuadro 3. Estructura del hato productor intensivo de doble propósito de Zacazonapan	174
Cuadro 4. Concentrado de análisis económico de la diez unidades de producción	176
Cuadro 5. Proporción del costo de producción de litro de leche por rubro	178

Sección 2. Estrategias de alimentación en unidades de producción de ganado bovino

Capítulo 8. Caracterización nutricional de recursos forrajeros en el sur del Estado de México

Cuadro 1. Pastos identificados en Zacazonapan, Estado de México	190
Cuadro 2. Conocimiento de las especies vegetales reportadas por los productores y que se encuentran en sus UP	191
Cuadro 3. Composición química (% de MS) de hojarasca de <i>Quercus hintonii</i> y <i>Quercus glaucooides</i> , colectadas en el bosque del Rancho Universitario UAEM-Temascaltepec	193
Cuadro 4. Composición química (% de MS) del fruto (bellota) de <i>Quercus hintonii</i> , <i>Quercus glaucooides</i> y <i>Juniperus sp.</i> , colectados en el bosque del Rancho Universitario UAEM-Temascaltepec	194
Cuadro 5. Composición química del follaje de paróta (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>) (g/kg MS)	195
Cuadro 6. Composición química (g/kg MS) promedio de praderas de Zacazonapan	197

Cuadro 7. Composición química de una pradera de pasto Mulato II (<i>Brachiaria hibrido</i>) asociado con alfalfa tropical (g/kg/MO) en la época de lluvias en Zacazonapan, Estado de México	197
---	-----

Capítulo 9. Desarrollo de estrategias de suplementación para vacas en lactación en la época de secas en un sistema de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México

Cuadro 1. Variables de respuesta animal a los suplementos con 10, 11 y 12% de proteína cruda	209
Cuadro 2. Efecto del periodo experimental (PE) sobre las variables de respuesta animal	210
Cuadro 3. Análisis económico de la producción de leche utilizando suplementos con tres niveles de proteína cruda en la época de secas	212
Cuadro 4. Estructura del costo de producción de un litro de leche	214

Capítulo 10. Respuesta productiva y económica a la suplementación con concentrados en vacas lecheras en Zacazonapan, Estado de México

Cuadro 1. Respuesta productiva a los suplementos	223
Cuadro 2. Costos por concepto de alimentación por tipo de suplemento, mezcla del productor (MP) (140 g/kg proteína cruda), suplemento experimental (SE) (160 g/kg proteína cruda), y concentrado comercial (CC) (160 g/kg proteína cruda)	225

Capítulo 11. 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

Cuadro 1. Especies identificadas en el potrero, por periodo durante los meses de agosto, septiembre y octubre en Zacazonapan, Estado de México	235
Cuadro 2. Composición botánica del potrero y de la dieta de vacas lactantes en la época de lluvias (meses: agosto, septiembre y octubre) en Zacazonapan	237
Cuadro 3. Índice de preferencia de las especies que componen la dieta de vacas lactantes en pastoreo	238
Cuadro 4. 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	238

Cuadro 5. Análisis económico, costos y retornos de producción de leche en la época de lluvias, en Zacazonapan, Estado de México, de un hato de 18 vacas en producción	239
Cuadro 6. Comparación de estructura de costos de producción de 1 kg de leche con un costo de \$2.82	240

Capítulo 12. Evaluación de la sostenibilidad en unidades de producción doble propósito durante la época de lluvias, en Zacazonapan, Estado de México

Cuadro 1. Puntaje promedio de la escala agroecológica de las 11 unidades de producción evaluadas	250
Cuadro 2. Puntaje promedio de la escala socioterritorial de las 11 UPDP evaluadas	251
Cuadro 3. Puntaje promedio de la escala económica de las 11 unidades de producción evaluadas	253
Cuadro 4. Desglose de conceptos de egresos de la UPDP evaluadas	253
Cuadro 5. Indicadores de rentabilidad de las UPDP evaluadas	254

Capítulo 13. Sostenibilidad ecológica de los subsistemas de producción bovino de Zacazonapan

Cuadro 1. Pastos nativos e introducidos del municipio de Zacazonapan	260
Cuadro 2. Características de los suelos de los diferentes subsistemas de producción	262
Cuadro 3. Comparación de los suelos del municipio de Zacazonapan	264

Índice de figuras

Sección 1. Caracterización de unidades de producción de ganado bovino

Capítulo 1. Situación actual de la ganadería de bovinos en el municipio de Tejupilco

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Tejupilco, Estado de México	25
Figura 2. Antigüedad de la UP y tiempo de los ganaderos en la actividad	28
Figura 3. Distribución de la mano de obra disponible en las UP estudiadas	29
Figura 4. Distribución y uso de la superficie agrícola útil (SAU)	30
Figura 5. Estructura del hato en promedio para cada estrato	31
Figura 6. Disponibilidad de unidades ganaderas totales (UGT) en la UP	31
Figura 7. Grado de especialización de las UP estudiadas	32

Figura 8. Distribución de partos en las diferentes épocas del año	34
Figura 9. Periodo de complementación y cantidad de concentrado ofrecido (kg/UGB/año)	35
Figura 10. Proporción y origen de los ingresos totales	37
Figura 11. Proporción de ingresos provenientes del ganado bovino	37
Figura 12. Proporción de ingresos provenientes de la venta de ganado	38
Figura 13. Importancia y distribución de los costos de producción en las UP	39
Figura 14. Relación entre ingresos y egresos	40
Figura 15. Ingreso unitario total por vaca	41
Figura 16. Ingreso total unitario ha de SAU	41
Figura 17. Ingreso unitario por unidad de mano de obra por año	41

Capítulo 2. Tipificación de unidades de producción de ganado bovino en Tejupilco, Estado de México

Figura 1. Localización del municipio de Tejupilco	55
Figura 2. Representación de los tres primeros factores en el espacio rotado	57
Figura 3. Dendrograma del Análisis Clúster	57
Figura 4. Dimensión ganadera media en los grupos de explotaciones	60
Figura 5. Disponibilidad de mano de obra en los grupos de explotaciones	61
Figura 6. Importancia de la superficie destinada al pastoreo sobre la superficie forrajera	61
Figura 7. Ingreso total de la actividad	61
Figura 8. Carga ganadera por ha de superficie forrajera	62
Figura 9. Gasto en concentrado por vaca	62
Figura 10. Dimensión física de los grupos de explotaciones de ganado bovino	62
Figura 11. Disponibilidad de superficies en relación con la mano de obra	63
Figura 12. Ingresos de venta de leche, subproductos y otros ingresos	63

Capítulo 3. Tipología de unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya, Estado de México

Figura 1. Localización del municipio de Tlatlaya	76
Figura 2. Dendrograma del Análisis Clúster para la clasificación de UP	80
Figura 3. Unidades de ganado bovino	84
Figura 4. Superficie agrícola útil	84
Figura 5. Gastos para la compra de concentrado por UGB	85
Figura 6. Proporción de superficie solo para pastoreo sobre SAU	85
Figura 7. Proporción de cultivos agrícolas sobre SAU	85

Figura 8. Importancia de terneros engordados sobre terneros propios	86
Figura 9. Carga ganadera	86
Figura 10. Importancia de ingreso por venta de leche entre ingreso total	86
Figura 11. Mano de obra total en la UP	87

Capítulo 4. Situación actual de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya

Figura 1. Estructura de la Superficie Agrícola Útil	101
Figura 2. Régimen de tenencia de la Superficie Agrícola Útil	101
Figura 3. Disponibilidad de mano de obra	104
Figura 4. Continuidad de la Actividad en la UP	104
Figura 5. Edad a primer parto en los animales para reemplazo	106
Figura 6. Distribución de partos	106
Figura 7. Épocas de aplicación de vacunas	108
Figura 8. Periodo de suplementación y costos por compra de insumos externos	111
Figura 9. Utilización de superficies para el pastoreo de forraje (días)	111
Figura 10. Indicadores de manejo de las UP	113
Figura 11. Relación de los principales productos vendidos	115
Figura 12. Distribución de los principales costos de producción	116
Figura 13. Diferencia entre ingresos y costos de producción	117
Figura 14. Margen por UGB y SAU	118
Figura 15. Margen por UTA	118

Capítulo 5. Evaluación económica de la ganadería doble propósito en el municipio de Tlatlaya

Figura 1. Distribución de los aprovechamientos de la superficie agrícola útil	130
Figura 2. Estatus de la tenencia de la SAU	130
Figura 3. Distribución de la superficie para la alimentación del ganado	132
Figura 4. Estructura porcentual de costos de producción	137
Figura 5. Costo del alimento consumido por vaca	137
Figura 6. Importancia de los productos vendidos en las UP	139
Figura 7. Diferencia entre ingresos y costos de producción	140
Figura 8. Margen neto por unidad de trabajo por año	141
Figura 9. Margen neto por vaca por año	142
Figura 10. Margen neto por ha de SAU por año	142

Capítulo 6. Tipificación de unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Amatepec, Estado de México

Figura 1. Localización del municipio de Amatepec	154
Figura 2. Dendrograma del análisis clúster para la clasificación de UP	157
Figura 3. Margen Neto por grupo	161
Figura 4. Margen Bruto por vaca	161
Figura 5. Margen Bruto por ha de SAU	161
Figura 6. Margen Bruto por UTA	162

Capítulo 7. Caracterización socioeconómica de un sistema producción de doble en Zacazonapan, Estado de México

Figura 1. Actividades económicas no agropecuarias desarrolladas por productores de Zacazonapan	171
--	-----

Sección 2. Estrategias de alimentación en unidades de producción de ganado bovino

Capítulo 8. Caracterización nutricional de recursos forrajeros en el sur del Estado de México

Figura 1. Composición botánica de praderas de Zacazonapan	196
---	-----

Capítulo 12. Evaluación de la sostenibilidad en unidades de producción doble propósito durante la época de lluvias, en Zacazonapan, Estado de México

Figura 1. Cadena de comercialización de la leche producida por las UPDP	252
Figura 2. Puntaje de sostenibilidad de las UPDP evaluadas	254

Capítulo 13. Sostenibilidad ecológica de los subsistemas de producción bovino de Zacazonapan

Figura 1. Distribución de la superficie de acuerdo con la orientación productiva	259
Figura 2. Índices de riqueza y diversidad vegetal por subsistema en el municipio de Zacazonapan	261

Capítulo 9

Desarrollo de estrategias de suplementación para vacas en lactación en la época de secas en un sistema de doble propósito en Zacazonapan, Estado de México

Benito Albarrán Portillo* / bapbap@yahoo.com

Centro Universitario UAEM Temascaltepec

Anastacio García Martínez / angama.agm@gmail.com

Centro Universitario UAEM Temascaltepec

Carlos Manuel Arriaga Jordán / cmarriagaj@uaemex.mx

*Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales,
Universidad Autónoma del Estado de México*

Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar la respuesta productiva y económica al uso de suplementos con tres niveles de proteína cruda (10, 11 y 12%), en la época de secas en vacas en lactación en un sistema de doble propósito, en el municipio de Zacazonapan, Estado de México, como una alternativa para reducir costos de producción de leche, así como el impacto ambiental por la excreción de nitrógeno no utilizable por el animal al ambiente en heces y orina. Se utilizaron 18 vacas multíparas de la raza Pardo Suizo, con un promedio de 98 ± 33 días en lactación y 404.1 ± 49 kg de peso. Las vacas fueron asignadas al azar a los tratamientos que consistieron en 5 kg/vaca/día de suplemento con tres diferentes niveles de proteína cruda T10, T11 y T12% de proteína cruda

(PC). El análisis económico de la respuesta a los suplementos por concepto de alimentación se realizó a partir de la metodología de presupuestos por actividad. Existieron diferencias significativas en las variables de respuesta animal leche (kg/vaca/d) (T10= 5.4^a, T11 5.8^{ab} y T12 6.4^b), grasa en leche (g/kg) (T10 30.8^a T11 37.0^{ab} y T12 37.8^{ab}), peso vivo (kg/vaca) (T10 394^a, T11 443^b y T12 400^a) (P<0.05), entre los tratamientos. Las variables proteína (T10 30.5, T11 28.4 y T12 28.8) y lactosa (T10 41.9, T11 41.2 y T12 43.3) en leche (g/kg), condición corporal (T10 1.59, T11 1.46 y T12 1.49) no fueron estadísticamente diferentes (P>0.05).

El costo de los suplementos fue 3.71, 3.81 y 3.91 \$/kg para T10, T11 y T12, respectivamente. Mientras que el costo por kg de leche por concepto del suplemento fue 3.09, 2.96 y 2.75 \$/kg, para T10, T11 y T12, respectivamente. El precio de venta de la leche fue de \$6.0 por kg, por lo que el margen de ganancia por cada kg de leche producido fue de 2.91, 3.04 y 3.25 \$/kg. Se concluye que no obstante el menor costo del suplemento T10 (\$3.71), el tratamiento T12 al tener mayores rendimientos de leche genera \$0.34 más por cada kg de leche producido que el tratamiento T10. No es recomendable usar suplementos a vacas en lactación con niveles de proteína cruda menores a 12%.

Palabras clave: suplementos, época de estiaje, doble propósito, producción de leche.

Introducción

La región sur del Estado de México se caracteriza por su clima subtropical y una amplia disponibilidad de recurso tierra, sólo que este recurso se encuentra en lomeríos y montañas con pendientes pronunciadas que dificultan el desarrollo de cultivos. Por lo anterior, la mejor forma de aprovechar este recurso es mediante la ganadería. Tradicionalmente, en esta región se ha desarrollado un sistema de producción de bovinos de doble propósito, el cual es el de mayor importancia económica.

El sistema de producción agropecuaria del sur del Estado de México está determinado por las condiciones medioambientales; en la época de lluvias existe una sobreproducción de forraje, principalmente de pastos dentro de los potreros.

Las UP de bovinos de doble propósito se caracterizan por ser extensivas, basándose en el pastoreo en potreros de grandes extensiones, en los

cuales el pasto más representativo es el Estrella de África (*Cynodon plectostachyous*). Los pastos representan la principal fuente de alimentación del ganado en la época de lluvias, el único suplemento que reciben los animales en esta época son sales minerales.

Mientras que en la época de secas hay una falta de pastos con aceptables valores nutritivos y en cantidad suficiente que cubran los requerimientos de los animales, los productores se ven en la necesidad de utilizar suplementos para mantener niveles de producción de leche aceptables, tanto para la venta como para el mantenimiento de los becerros, así como para evitar que las vacas pierdan condición corporal que comprometa la reproducción.

Albarrán y colaboradores (2009) reportaron las características generales del sistema de producción de bovinos de doble propósito. Entre estas características se mencionaba que en la época de secas, ante la falta de pastos, los productores suplementaban a sus vacas con cantidades que oscilaban entre 4 y hasta 9 kg/vaca/día.

Con el objetivo de disminuir el costo de los suplementos, los productores ocupaban maíz mazorca producida dentro de la unidad de producción mezclada con concentrado comercial, esta mezcla contenía 14% de proteína cruda. Estos mismos autores reportaron que el costo de producción de 1 kg de leche producido en la época de secas era de \$4.40, cuando el productor recibía \$4.0.

Hay reportes que indican que los costos de alimentación representan entre el 50 y 80% del costo de producción de un litro de leche (Arriaga *et al.*, 2006). Un alto porcentaje de este costo de producción es debido a la compra de concentrados comerciales. Dentro de los concentrados comerciales el ingrediente más caro es la proteína cruda.

En ganado lechero se han venido utilizando dietas con niveles de PC de 180 g/kg/MS, como una forma de asegurar un aporte suficiente de proteína metabolizable (PM), que permita lograr altos niveles de producción de leche (Davidson *et al.*, 2003).

La sobrealimentación con PC incrementa costos de producción, disminuye la eficiencia de uso de nutrientes (Tamminga *et al.*, 1992), disminuye la fertilidad en vacas (Raja-Schultz *et al.*, 2001), además de producir pérdidas de nitrógeno (N) de la dieta, que son excretados vía heces y orina contaminando cuerpos de agua.

Esparza (2012) comparó la respuesta productiva de vacas lactantes en un sistema de doble propósito, a dos niveles de PC (14 vs 16%) en el suplemento (5kg/vaca/día), encontrando que no existió diferencia significativa en la respuesta productiva de vacas que consumieron suplemento con 14%, respecto de vacas que consumieron suplemento con 16% de PC. El costo de producción de leche de las vacas en el tratamiento 14% fue de \$2.4 vs \$2.6 del suplemento con 16% de PC.

Entre los resultados de Esparza (2012), se encontró que los niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL) estaban muy por encima de los valores promedio reportados en la literatura (25.1 vs 16.0 mg/dl). El NUL proviene de la urea y es el producto final del metabolismo de proteína; por lo tanto, excesos de proteína en la dieta que no son utilizados por el animal son descompuestos a amoníaco, al ser éste tóxico para el organismo, es convertido en urea a través del hígado; por eso la urea puede ser medida tanto en sangre como en leche. El nitrógeno ureico en leche (NUL) es una herramienta para monitorear la eficiencia de uso de la proteína de la dieta; así como también puede ser ocupado como un indicador de los niveles de excreción de nitrógeno vía orina y heces, debido a la alta correlación que existe entre estos (Davidson *et al.*, 2003).

A partir de lo anterior, es posible que las necesidades de PC de las vacas de Zacazonapan sean menores al 14% de PC. Por lo tanto, se planteó el objetivo de determinar la respuesta productiva y económica al uso de suplementos con tres niveles de proteína cruda (10, 11 y 12%) en la época de secas en vacas en lactación en un sistema de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, Estado de México, como una alternativa para reducir costos de producción de leche, así como de reducir los niveles de NUL.

Antecedentes

Localización de la zona de estudio y muestra de unidades de producción

El estudio se realizó en la época de secas (marzo, abril, mayo y junio) del año 2012, en un hato de bovinos de doble propósito en el municipio de Zacazonapan, ubicado al suroeste del Estado de México, teniendo un clima cálido subhúmedo, una altura de 1,470 m, con una temperatura media anual de 23°C (31°C máxima y 15°C mínima) y una precipitación anual de 1,800 mm. Existen

especies propias de los bosques tropicales, caducifolios y bosques mixtos de árboles leguminosos (EEM, 2005).

Los animales del hato ($n=18$) pastoreaban en un potrero de 100 ha, permaneciendo ahí las 24 horas del día.

Unidades experimentales

Se utilizaron cinco vacas por tratamiento de la raza Pardo Suizo multíparas, con un peso promedio de 400 ± 50 kg, encontrándose en la primera mitad de lactación.

Las vacas fueron asignadas al azar a los tres tratamientos (suplementos) (4.5 kg/vaca/día), los cuales consistieron en niveles de 12, 11 y 10% de proteína cruda. Los suplementos fueron hechos con maíz mazorca, urea y pasta de soya.

El experimento duró 97 días (del 16 de marzo al 21 de junio), dividido en cinco periodos experimentales de dos semanas cada uno, con dos semanas de acostumbramiento a la dieta previos al primer periodo de muestreo.

Los rendimientos de leche (kg/vaca/día), composición de leche grasa y proteína (g/kg), peso (kg) y condición corporal se registraron y tomaron dos días seguidos durante la última semana de cada periodo experimental. De igual forma, los animales fueron pesados mediante una báscula electrónica portátil de la marca Gallagher ®.

La composición de leche se analizó dentro de las tres primeras horas después de obtenida la muestra mediante el equipo portátil LACTOSCAN MILK ANALYZER®. Posterior al análisis de la leche, las muestras fueron conservadas a -20 °C para su posterior análisis de NUL. Las determinaciones de NUL se llevaron a cabo mediante la técnica de colorimetría enzimática descrita por Chaney y Marbach (1962).

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 caso 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 con 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 UP no incurre en ningún gasto por concepto de mantenimiento de los pastizales dentro de los potreros, excepto en la reparación de cerco perimetral, pero este costo está incluido en costos varios. No hay o por lo menos no ha habido siembra de pastos en los últimos 10 años. Por eso, 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.

Entonces, 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 vacas fueron asignadas al azar a los tratamientos TX12, TX11 y TX 10 con 12, 11 y 10% de PC, respectivamente. Las variables de respuesta leche (kg/día), composición de leche grasa y proteína (g/kg), NUL (mg/dl), peso vivo (kg) y condición corporal fueron analizadas como mediciones repetidas utilizando el programa GLM del paquete estadístico SAS (2002), donde los factores fueron tratamientos y periodos experimentales.

$$Y_{ijkl} = \mu + TX_i + PE_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

μ = Media general

TX_i = Efecto del tratamiento ($i = 12, 11$ y 10% de PC)

PE_j = Efecto del periodo experimental ($j = 1, 2, \dots, 5$)

ε_{ij} = Error

Cuando existieron diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey.

Desarrollo de estrategias de suplementación. Resultados de investigación

En el Cuadro 1 se observa el efecto de los diferentes niveles de PC en los suplementos sobre las variables de respuesta animal. Los rendimientos de leche fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.002$), siendo menores para

las vacas que recibieron el suplemento con 10%, mientras que los rendimientos de leche de vacas que recibieron los suplementos 11 y 12% de PC fueron estadísticamente iguales.

Los contenidos de grasa fueron estadísticamente diferentes entre los tratamientos, registrándose los contenidos más bajos para el suplemento con 10% de PC; mientras que los suplementos 11 y 12% fueron estadísticamente similares.

Los niveles de proteína en leche no fueron diferentes entre los distintos suplementos ($P = 0.5$); resultan ser bajos para los valores normales de leche reportados para ganado de la raza Pardo Suizo, así como para los reportados por Hernández-Morales *et al.* (2011). De igual forma, los niveles de NUL no fueron estadísticamente diferentes entre sí ($P = 0.92$).

Cuadro 1. Variables de respuesta animal a los suplementos con 10, 11 y 12% de proteína cruda

	Proteína cruda (%)			P=	RCME
	10	11	12		
Leche	5.4a	5.8ab	6.4b	0.002	1.03
Grasa (g/kg)	30.8a	37.0b	37.8b	0.01	9.75
Proteína (g/kg)	30.5	28.4	28.8	0.50	3.4
NUL (mg/dL)	13.8	14.4	13.7	0.92	5.7
Peso (kg)	394.0a	443.2b	400.0a	0.005	47.2
CC	1.59	1.46	1.49	0.72	0.17

T10, 11 y 12= Suplemento con 10, 11 y 12% de proteína cruda g/kg.

Los diferentes niveles de PC en la dieta sí tuvieron un efecto significativo sobre el peso de los animales. El suplemento con 11% de PC fue estadísticamente ($P = 0.005$) superior que los tratamientos 10 y 12% de PC, siendo estos dos similares entre sí.

La condición corporal de los animales fue baja sin existir diferencias significativas entre los animales que recibieron los diferentes suplementos ($P = 0.72$).

En el Cuadro 2 se observa el efecto de los PE sobre las variables de respuesta. Los rendimientos de leche fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.002$), registrándose los mayores rendimientos en los periodos 1, 4 y 5.

Cuadro 2. Efecto del periodo experimental (PE) sobre las variables de respuesta animal

	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	P=	RCME
Leche	5.6ab	5.5b	5.1b	6.0a	6.7 ^a	0.002	0.003
Grasa (g/kg)	31.6	34.4	37.4	38.7	37.0	0.40	0.14
Proteína (g/kg)	30.5	30.8	29.7	30.3	31.0	0.23	0.02
NUL (mg/dl)	4.4a	12.3ab	22.2c	16.7bc	14.0b	0.0001	5.7
Peso (kg)	415.7	398.1	426.6	406.5	399.3	0.69	0.86
CC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.049	0.47

PE= periodo experimental 1,2...5; RCME= raíz del cuadrado medio del error; CC= Condición corporal (1-5).

No existieron diferencias significativas para los contenidos de grasa y proteína en leche. Los contenidos de grasa y proteína en leche fueron en promedio 35.8 y 30.5 g/kg, siendo los primeros mayores, y los segundos similares a los valores promedio para estos componentes en la misma región y época que los reportados por Hernández-Morales y col. (2011), que fueron de 26.72 y 30.6, para grasa y proteína, respectivamente.

Los contenidos de NUL para PE fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.01$) (Cuadro 2). Los menores niveles se encontraron en los PE 1 y 2, alcanzando el máximo en el PE3, para posteriormente disminuir presentando valores similares entre los PE 2,4 y 5. En promedio, los niveles de NUL fueron de 13.9, los cuales son menores a los reportados por Esparza (2012) 25.1 g/dl; esto se debe a que los suplementos en este estudio contenían menores niveles de proteína cruda que los utilizados por el autor (10, 11 y 12% vs 14 y 16% de PC).

En el trabajo de Esparza (2012) se ocuparon dos suplementos que contenían 50% de concentrado comercial (Ccom) (Genera Leche Purina® con 18% de PC); el tercer suplemento consistió en el Ccom. Este último fue el suplemento que mayor nivel de NUL (29.7 mg/dl) produjo en leche; mientras, los suplementos que sólo tenían 50% de Ccom contenían 23.4 y 22.4 mg/dl. Esto puede indicar que las fuentes de nitrógeno del Ccom ocasionan una mayor excreción de nitrógeno vía leche, y por lo tanto vía orina y heces, pues existe una alta correlación entre estos NUL.

El menor contenido de PC en los suplementos usados en este estudio repercute en menores niveles de NUL, lo que resulta en beneficios para el productor y el medioambiente. En primer lugar, menores niveles de NUL indican una mejor eficiencia del uso del nitrógeno que entra al organismo animal; esto implica que la proteína que es el ingrediente de la dieta más caro, se usa de forma eficiente. En segundo lugar, menores niveles de NUL indican una menor excreción de nitrógeno al medio ambiente, aspecto muy importante a considerar en sistemas pecuarios donde existe una alta concentración de animales.

Costos de producción

En el Cuadro 3 se observa el análisis económico de la respuesta en producción de leche a tres diferentes niveles de proteína cruda en suplementos a vacas en lactación en la época de secas. El costo de los suplementos fue de 3.71, 3.81 y 3.91, para 10, 11 y 12% de PC, respectivamente. El costo de alimentación por concepto de forraje consumido por los animales en el potrero durante la duración del estudio fue de \$1.4 vaca/día.

El costo por litro de leche fue de 7.1, 6.7 y 6.2, para los tratamientos con 10, 11 y 12% de PC; mientras que el precio pagado al productor fue de \$6.0, lo cual implica -1.1, -0.7 y -0.2 para los suplementos con 10, 11 y 12% de PC, respectivamente pesos por litro de leche producido.

Cuadro 3. Análisis económico de la producción de leche utilizando suplementos con tres niveles de proteína cruda en la época de secas

	Niveles de proteína cruda en suplemento		
	10%	11%	12%
Vacas por tratamiento	6	6	6
Suplemento (kg/vaca/día)	5.0	5.0	5.0
Periodo (días)	97	97	97
Total kg suplemento por tratamiento	2,910	2,910	2,910
Costo por kg de suplemento	\$3.71	\$3.81	\$3.91
Costo total por tratamiento por concepto suplemento	\$10,796	\$11,087	\$11,378
Costo de forraje por tratamiento	\$797	\$797	\$797
Costo total alimentación	\$11,796	\$11,087	\$11,378
Combustible	\$1,293	\$1,293	\$1,293
Mano de obra contratada	\$4,131	\$4,131	\$4,131
Mano de obra familiar	\$3,621	\$3,621	\$3,621
Costos varios	\$1,731	\$1,731	\$1,731
Costo total de producción	\$22,369	\$22,660	\$22,951
Producción leche (kg/vaca/día)	5.4	5.8	6.4
Producción total de leche por tratamiento (kg)	3,143	3,376	3,725
Precio de venta de leche (\$/kg)	\$6.0	\$6.0	\$6.0
Ingresos por venta de leche	\$18,857	\$20,254	\$22,348
Margen neto de ganancia	\$7,288	\$8,394	\$10,198
Costo de producción de leche (\$/kg)	\$7.1	\$6.7	\$6.2

Albarrán y colaboradores (2009) reportaron para una muestra de 10 productores de leche en un sistema de doble propósito, que perdían \$0.4 por cada litro de leche producido en la época de secas. Siendo menor a los -1.1 y -0.7 pesos para los tratamientos en los que se utilizaron suplementos con 10 y 11% de PC. El tratamiento en el cual se usó el suplemento con 12% de PC obtuvo una menor pérdida por cada litro de leche producido: -0.2 pesos, siendo menor a lo reportado por Albarrán y colaboradores (2009).

El mayor nivel de PC en el suplemento (12%) ocasionó mejores rendimientos productivos, lo que explica una reducción en el costo de producción de leche, minimizando las pérdidas por cada litro producido.

En el Cuadro 4 se muestra la estructura del costo de producción de un litro de leche, y se observa que la alimentación representa el 50% del costo de producción. En segundo lugar, la mano de obra (contratada y familiar) representa el 34% del costo de producción. Por tanto, estos son los dos rubros más importantes en los que se trabaja para desarrollar sistemas de producción sustentables en el aspecto económico.

Arriaga *et al.* (2006) mencionan que debido al costo la mano de obra no representa una erogación en efectivo, ya que los miembros de la familia gozan de las ganancias del sistema. Por lo tanto, si eliminamos el 18% del costo por concepto de mano de obra familiar, el costo de producción de un litro de leche se vuelve redituable para este tipo de sistema de producción, dejando al rubro de alimentación como el que más influye en el costo de producción en un litro de leche.

Ahora bien, es importante tener en mente que se trata de una unidad de producción de doble propósito. Ortiz *et al.* (2010) reportan que para UP de doble propósito de Zacazonapan, la producción de carne en forma de becerros destetados representaba el 47% de sus ingresos, mientras que la venta de leche contribuía con 44% de los ingresos totales. Cabe mencionar el importante papel que juega la producción de leche al generar recursos económicos diarios o semanales que permitan cubrir los gastos de operación de este tipo de UP, mientras que los ingresos por venta de becerros representaba las ganancias de las UP de doble propósito.

Cuadro 4. Estructura del costo de producción de un litro de leche

Rubro	
Alimentación	0.52
Mano de obra contratada	0.18
Mano de obra familiar	0.16
Costos varios	0.08
Combustible	0.06
Total	1.0

Conclusiones

Los mayores niveles de producción de leche se obtuvieron en las vacas que recibieron el suplemento con 12% de PC. Los niveles de NUL fueron bajos en relación con los valores promedio reportados para la zona en estudios previos, siendo menores al valor promedio señalado en la literatura.

El suplemento con 12% de PC permitió tener un menor margen de pérdida por cada litro de leche producido (-0.2), en comparación con el -1.1 y -0.7, con los suplementos con 10 y 11% de proteína cruda en la época de secas.

Referencias bibliográficas

- Albarrán Portillo, B., Salas. I.G., Esparza Jiménez, S., Hernández Martínez. J., Rebollar Rebollar, S., García Martínez, A. (2009). "Caracterización Socioeconómica de un sistema de producción de doble propósito en el sur del Estado de México", en Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Carlos F. Marcof Álvarez, Benito Ramírez Valverde (coords.), en *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*, México: Universidad Autónoma Chapingo, pp.179-190.
- Arriaga J, C.M., Espinoza O., A., Albarrán P., B., García M., A., Ruiz A., M., Heredia N, D., Guadarrama E, J., y Castelán O, O. (2006). "Desempeño económico de estrategias de alimentación de ganado lechero en sistemas campesinos del altiplano central de México", en Cavallotti V., B.A., Hernández M., M., y Ramírez (eds.), *Ganadería, Desarrollo Sustentable y Combate a la Pobreza: Los grandes Retos*, 7ª Reunión Nacional, Universidad Autónoma Chapingo.

- Davidson, S., Hopkins, B.A., Díaz, D.E., Bolt, S.M., Brownie, C., Fellner, V. and Whitlow, L.W. (2003). "Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows", en *Journal of Dairy Science*, 86:1681-1689.
- 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 (Consulta: 17 de septiembre de 2011).
- Esparza J., 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.
- Espinoza-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", en *Experimental Agriculture*, 43, 241-256.
- Hernández Morales, C., Hernández Montes, A., Villegas de Gante, A. Z., Aguirre Mandujano, E. (2011). "El proceso socio-técnico de producción de Queso añejo de Zacazonapan, Estado de México", en *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*, 2:161-176.
- 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 Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Carlos F. Marcof Álvarez y Benito Ramírez Valverde (coords.), *Los grandes retos para la ganadería: Hambre, Pobreza y Crisis Ambiental*. Capítulo 3: La ganadería y su contribución al desarrollo territorial, Editorial Universidad Autónoma Chapingo, pp. 191-202.
- Rajala-Schultz, P.J., W.J.A. Saville, G.S. Frazer, and T.E. Wittum (2001). "Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows", en *Journal of Dairy Science*, 84: 482-489.
- SAS Institute (2002), SAS User's Guide: Statistics. Ver 9.0. SAS Institute. Cary, N.C. USA, 956 pp.
- Tamminga, S. (1992). "Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control", en *Journal of Dairy Science*, 75: 345-357.
- Wiggins, S., Tzintzun Rascón, R., Ramírez González, M., Ramírez González, R., Ramírez Valencia, F. J., Ortiz Ortiz, G., Piña Cárdenas, B., Aguilar Barradas, U., Espinoza Ortega, A., Pedraza Fuentes, A. M., Rivera Herrejón, G. y Arriaga

Jordán, C. (2001). *Costos y Retornos de la Producción de Leche en Pequeña Escala en la Zona Central de México. La lechería como empresa*. Serie Cuadernos de Investigación. Cuarta Época 19, Toluca, México: 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", en *Journal of Dairy Science*, 65: 495-501.