



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 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

Felisa Sarai Jiménez Peralta / sarajimper@hotmail.com

Benito Albarrán Portillo* / babpap@yahoo.com

Centro Universitario UAEM Temascaltepec

Resumen

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 botánica de la pradera (CBP). En este mismo periodo, durante la ordeña se tomaron muestras de heces para determinar 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

* Autor para correspondencia.

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 de 6.9 kg/vaca/d, con 31.1 g/kg de grasa y proteína en leche. El PV fue de 419.5 (kg) y la CC, de 1.5. El costo de producción por L de leche fue de \$2.6; es decir, 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.

Palabras clave: composición botánica, vacas en lactación, doble propósito.

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 cual se refleja en costos de producción bajos. Por ejemplo, Albarrán *et al.* (2009) mencionan 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 ruminantes en pastoreo existe un problema fundamental en la nutrición y en el manejo de los potreros: 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 ésta, 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 ocupar la técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982; Mohhammad *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, hechas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio, y las temporales, elaboradas con las muestras provenientes de las heces del animal (González y Améndola, 2010), con el objetivo de identificar, bajo microscopio, 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.

Antecedentes

Localización de la zona de estudio y muestra

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 horas del día en un potrero de 100 ha, cuya composición botánica (pastos) fue: *Cynodon plectostachious* 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).

Se determinó la CBP 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 cual se contó el número de plantas. Los resultados fueron reportados como frecuencia acumulada (FA) y frecuencia relativa (FR) de acuerdo con Martínez (1960).

Posteriormente se cortó el forraje dentro del cuadrante a ras del suelo. Con base en 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 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 pe-

riodo cuando 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, éstas se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 70°C por 48 horas, y posteriormente se molieron en un molino Willey con una malla de 1 mm.

A continuación, se elaboraron 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

Se llevó a cabo el análisis económico 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 estos 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 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 del 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 al potrero? A partir de lo anterior, se determinó que el costo por vaca para tener acceso a potrero era de \$500 por un año.

Con base en esto, 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. Se usó 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

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta en tratamiento i , repetición j

μ = media general

τ_i = efecto del periodo ($j = 1, 2, 3$)

ϵ_{ij} = error aleatorio

Las variables de respuesta animal fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2010). La comparación de medias se llevó a cabo con la prueba de Tuckey ($P < 0.05$).

Composición botánica y respuesta productiva y económica. Resultados de investigación

En el Cuadro 1 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.

Cuadro 1. Especies identificadas en el potrero, por periodo durante los meses de agosto, septiembre y octubre en Zacazonapan, Estado de México

Forma biológica	Especie	Agosto	Septiembre	Octubre
Gramíneas	<i>Acacia farnesiana</i>	X	X	
	<i>Brachiaria hibrido</i>	X	X	X
	<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
Leguminosa	<i>Aeschynomene sp.</i>	X	X	X
Herbáceas	<i>Bidens pilosa</i>		X	X
	<i>Cyperus sp.</i>	X		X
	<i>Gymnosperma glutinosum</i>		X	X
	<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
Leñosas	<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 acapulcencis</i>	X	X	X
	<i>Morus nigra</i>	X	X	X
	<i>Phitecellobium lanceolatum</i>	X	X	X

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 (Cuadro 2).

El consumo de las herbáceas, gramíneas y dicotiledóneas se mantuvo estable a través de los periodos de muestreo, lo cual obedece, en general, 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 dichas gramíneas son representativas de esta zona.

Lo importante a destacar en este estudio es la relevancia de la leguminosa *Aeschynomene sp.* dentro de la dieta de las vacas a lo largo de los meses de agosto, septiembre y octubre. Esto se debe 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 posibilitaría 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, etcétera).

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

Forma biológica	Especie	Composición botánica %					
		P ₁ CBP	P ₁ CBD	P ₂ CBP	P ₂ CBD	P ₃ CBP	P ₃ CBD
Herbáceas	<i>Aeschinomene 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
	<i>Paspalum nonatum</i>			14.0	4.8	6.7	9.8
Dicotiledóneas*		18.8	11.0	12.3	14.0	15.4	14.0

P₁: agosto P₂: septiembre P₃: octubre *En ciertos casos sólo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. (CBA) Composición botánica del potrero (CBD) Composición botánica de la dieta.

Resultados similares en relación con *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 con los porcentajes de las especies halladas en el agostadero; Sin embargo, algunos trabajos indican que el forraje disponible no constituye automáticamente la preferencia de la dieta consumida por los herbívoros, pues se 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 3 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 *Aeschinomene 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 éstas rechazadas en el P1 y P3 (Cuadro 3).

Cuadro 3. 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
	<i>Paspalum nonatum</i>		0.34	1.47
Dicotiledóneas*		0.58	1.14	0.91

P1: Inicio lluvias P2: Medios de lluvias P3: Finales de lluvias *En ciertos casos sólo fue posible identificar las partículas epidérmicas a nivel de clase. Valores menores a uno: Especies rechazados por el animal y mayores a uno: Especies preferidas por el animal.

En el Cuadro 4 se muestran 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.

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

Variable/Periodo	Agosto	Septiembre	Octubre	Promedio	EEM
Producción leche (Kg)	5.0 ^a	8.3 ^b	7.4 ^b	6.9	0.32
Grasa (g/Kg)	25.3 ^a	34.7 ^b	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 experimental 1 (agosto), 2 (septiembre) y 3 (octubre). Literales distintos en hileras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Los costos y los retornos de producción para el hato productor de leche se presentan en el Cuadro 5. El promedio de producción es 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 como mano de obra, asistencia técnica, medicinas y otros varios no han tenido cambios importantes en la región de estudio.

El margen de ganancia sí se ha incrementado respecto a lo reportado en 2009 por Albarrán *et al.* 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; en tanto, los costos se han mantenido con muy poca variación (\$2.5 vs \$2.7).

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

Concepto	Valores económicos
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 6 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 representó 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 constituyó el 7%. Los costos fijos representaron 3% de los costos totales; en este rubro se consideró las pocas instalaciones con las que cuenta el productor: 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 cual explica un muy bajo costo de producción.

Cuadro 6. 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.

Referencias bibliográficas

- Albarrán-Portillo, B., Salas-Reyes, I. G., Esparza-Jiménez, S., Hernández-Martínez, J., Rebollar, R. S. y 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.), *Ganadería y Seguridad Alimentaria en Tiempo de Crisis*, 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", en *J Dairy Sci* 85, pp. 1777-1792.
- Coates, D.B., Penning, P.D. (2000). "Measuring animal performance", en 't Manneetje 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://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_mexico (Consulta: 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.
- 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, pp. 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*, pp. 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", en *Journal of Range Management*, 54: 582-588.
- Holecheck, J.L., Pieper, R.D., Herbel, C.H. (1989). *Range Management. Principles and practices*, New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 501 pp.
- Holecheck, J.L., Vavra, M., Pieper, R.D. (1982). "Botanical composition determination or range herbivore diet: a review", en *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., Holecheck, J.L., Murray, L.W. (1995). "Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle", en *Journal of Range Management*, 48: 202-205.
- Ortiz-Rodea, A., García-Martínez, A., Rojo-Rubio, R., Esparza-Jiménez, S. y 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, 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”, en *Ecología Austral*, 14: 31-38.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. (1989). *Bioestadística: Principios y procedimientos*, McGraw-Hill, México, pp. 181-184.
- 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”, en *Journal of Dairy Science*, 65:495-501.