



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



**SUPLEMENTACIÓN CON GRANOS DE CEREALES EN OVINOS
RAMBOUILLET EN CONDICIONES DE PASTOREO SEMI-EXTENSIVO**

Por:

Rosa Elena Herrera Medina

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestra en Producción Agropecuaria**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Junio 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



**SUPLEMENTACIÓN CON GRANOS DE CEREALES EN OVINOS
RAMBOUILLET EN CONDICIONES DE PASTOREO SEMI-EXTENSIVO**

Por:

Rosa Elena Herrera Medina

Asesor Principal

Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo

Asesores

Dr. Héctor Aarón Lee Rangel

PhD. Rosa Elena Santos Díaz

Dra. Camelia Alejandra Herrera Corredor

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestra en Producción Agropecuaria**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Junio 2014

El trabajo titulado **“Suplementación con granos de cereales en ovinos Rambouillet en condiciones de pastoreo semi-extensivo”**, fue realizado por: **Rosa Elena Herrera Medina** como requisito parcial para obtener el grado de **Maestra en Producción Agropecuaria** en el Área de **“Producción de Pequeños Ruminantes”** y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo
Asesor Principal



Dr. Héctor Aarón Lee Rangel
Asesor



PhD. Rosa Elena Santos Díaz
Asesora



Dra. Camelia Alejandra Herrera Corredor
Asesora



Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí; 1 de Junio de 2014.

DEDICATORIA

A mis padres MARTHA y GERARDO, a mis hermanos LAURA, BARBARA y MARIANO, por motivarme, brindarme todo su apoyo e inspirarme a ser mejor, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A todos mis amigos ALE, AZAEL, RAFA, ANGIE, HUGO, ISRA, EDWING, ARMANDO y VICENTE, muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo, por contagiarme de su alegría a través de sus ocurrencias, gracias por su amistad y por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo.

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

A la Facultad de Agronomía de la U.A.S.L.P.

A la Dra. Rosa Elena Santos Díaz, Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo, Dr. Héctor Aarón Lee Rangel, Dra. Camelia Alejandra Herrera Corredor, por su dirección y asesoría.

A todos mis Maestros por sus enseñanzas y consejos.

A los productores de la comunidad EL MEZQUITAL, Villa de Arriaga por su colaboración al facilitarme los animales utilizados durante la etapa experimental.

Al CONACYT por darme la oportunidad de continuar superándome.

A todos ellos, muchas gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMÉN	vii
SUMMARY	viii
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis.....	2
Objetivo.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Sistema de Producción Ovina en la Región Árida y Semiárida de San Luis Potosí.....	3
Producción Ovina en el Municipio de Villa de Arriaga.....	3
Requerimientos Nutricionales para Corderos en Crecimiento y Finalización.....	5
Energía.....	5
Proteína.....	6
Fibra.....	8
Suplementación.....	9
Suplementación energética.....	11
Efectos de la suplementación sobre el consumo de MS.....	12
Efectos de la suplementación sobre la ganancia de peso.....	14
Selectividad y Composición de la Dieta.....	15
Alimentación de Ovinos en Finalización con Granos de Cereales.....	16
Maíz.....	17
Sorgo.....	18
Bagazo húmedo de cebada.....	20
MATERIALES Y METODOS	22
Localización.....	22
Ensayo Productivo.....	22
Animales.....	22
Análisis Financiero.....	23
Análisis Microhistológico.....	24
Variables Evaluadas.....	25
Desempeño productivo.....	25
Análisis financiero.....	25
Diseño y Análisis Estadístico.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Desempeño Productivo.....	27
Análisis Financiero.....	30
Análisis Microhistológico.....	31
CONCLUSIONES	34
LITERATURA CITADA	35

ÍNDICE DE CUADROS

1	Requerimientos nutricionales para corderos en crecimiento.....	7
2	Ganancia de Peso Total (GPT), Ganancia Diaria de Peso (GDP), Consumo de Suplemento (CDS), Índice de Conversión (IC).....	30
3	Análisis financiero por indicadores de ovinos en periodo de finalización suplementados con tres tipos de granos de cereal.....	31
4	Composición botánica de la dieta de ovinos en periodo de finalización suplementados con tres tipos de granos de cereal.....	33

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la productividad de ovinos en engorda por efecto de la suplementación con granos de cereales en pastoreo. El trabajo se realizó en El Mezquital, Villa de Arriaga, S.L.P., ubicado a 22° 07' 17.50'' LN y 101° 16' 17.90'' LO a 2,169 msnm. Se utilizaron 23 corderos de la raza Rambouillet, 12 hembras y 11 machos con un peso de 25.5 ± 9 kg, mismos que fueron asignados bajo un diseño completamente al azar en cuatro tratamientos; (T1) Pastoreo, (T2) Pastoreo + 500 g de MS de maíz amarillo, (T3) Pastoreo + 500 g de MS de sorgo y (T4) Pastoreo + 500 g de MS de subproducto de cervecería (bagazo húmedo de cebada). La alimentación se basó en pastoreo de residuos de cosechas (*Zea mays* L. y *Avena sativa* L.) y áreas de pastizal mediano abierto. Diariamente se llevaron registros del consumo de suplemento y pesajes cada 15 días. El suplemento se suministró diariamente a las 5:00 pm durante 45 días. La GPT mostro diferencias significativas entre tratamientos encontrando los valores más elevados para T2, T3 y T4 con 6.5, 6.0 y 6.2 kg, respectivamente; la GDP mostro un comportamiento similar, encontrando los valores más elevado para T2, T3 y T4. Para el CDS, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, observándose el menor consumo para T4 (1.38%PV), esto debido al elevado porcentaje de humedad de este insumo. Para el IC no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En el análisis financiero, el CPK fue menor para T4 (\$14.91/kg), mientras que la relación Beneficio-Costo (B/C) mostro el valor más elevado para T4 (0.16), seguido de T1 con una B/C de 0.09, aun por encima del sorgo y maíz. Por último, el análisis microhistológico mostro diferencias significativas entre tratamientos solo en una de las especies consumidas (*Salsola tragus*), presentando el mayor valor para T1. Los resultados sugieren que al implementar programas de suplementación para ovinos en pastoreo con bagazo húmedo de cebada es posible alcanzar GDP similares a las obtenidas con maíz y sorgo; pero a menor costo, incrementando con esto la rentabilidad del sistema.

Palabras clave: Suplementación, ganancia de peso, consumo, rentabilidad.

SUMMARY

Cereal grain supplementation was evaluated on the productivity of fattening sheep grazing. The work was done in El Mezquital, Villa de Arriaga, SLP, located at 22 ° 07 '17.50" LN and 101 ° 16' 17.90" LO to 2,169 m of altitude. We used 23 Rambouillet lambs, 12 females and 11 males with a weight of 25.5 + 9 kg, which were allocated under a completely randomized design in four treatments; (T1) Grazing, (T2) Grazing + 500 g MS yellow corn, (T3) Grazing + 500 g DM of sorghum and (T4) Grazing + 500 g DM brewery by-product (wet brewers grain). Feeding was based on crop residues (*Zea mays* L. and *Avena sativa* L.) and short grass rangeland areas. Daily records of supplement intake and weight measurements every 15 days were kept. The supplement was provided daily at 5:00 pm for 45 days. The TGW showed significant differences between treatments ($P < 0.05$), the highest values for T2, T3 and T4 with 6.5, 6.0 and 6.2 kg, respectively; the DGW showed a similar behavior, finding higher values for T2, T3 and T4. For DFS, significant differences were found between treatments, showing lower feeding for T4 (1.38 % BW), this due to the high moisture content of this supplement. For CI no significant differences between treatments were found. In the financial analysis, the PCK was lower for T4 (\$ 14.91/kg), while the benefit-cost ratio (B / C) showed the highest value for T4 (0.16), followed by T1 with a B / C of 0.09 even above the sorghum and maize. Finally, the analysis microhistological showed significant differences between treatments only in one of the consumed species (*Salsola tragus*), presenting the best value for T1. The results suggest that implementing supplementation programs for sheep grazing with wet brewers grain is possible to achieve DGW similar to those obtained with corn and sorghum, but at a lower cost, increasing the profitability of this system.

Keywords: Supplementation, weight gain, intake, profitability.

INTRODUCCIÓN

La producción de ovinos en México está destinada principalmente a la producción de carne para consumo humano. Durante el 2012 México produjo alrededor de 57,692 ton de carne en canal (SIAP, 2013). A pesar de esto, la producción ovina aún es deficitaria. Las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad y calidad del forraje en los pastizales son una de las principales causas de estrés nutricional que limita la producción animal (Kawas y Huston, 1990). La suplementación energética es una estrategia que permite incrementar el consumo de energía del animal, logrando mantener los niveles de producción deseados o reducir al mínimo las pérdidas (Mahgoub *et al.*, 2000).

El grano de maíz es el concentrado energético por excelencia, sin embargo, cada vez más los mercados internacionales exigen que sea destinado al consumo humano y últimamente se ha diversificado su industrialización para otros usos, básicamente biocombustibles (Gallardo, 2011); ambos factores han provocado un aumento en la demanda de este insumo y por consecuencia en su costo. En este contexto, se requiere encontrar alternativas para reemplazar el maíz. Los subproductos son una alternativa que ha despertado gran interés durante los últimos años. En específico, el bagazo húmedo de cebada ha sido calificado como un complemento adecuado para la alimentación de rumiantes debido a la concentración de proteína y su alta cantidad de fibra que estimula el buen funcionamiento del rumen (Westendorf y Wohlt, 2002). Sin embargo, asociado a cada subproducto existe cierta variación en cuanto a su composición química; así que, tanto el control de calidad como la disponibilidad de estos, deben ser considerados antes de su uso.

Hipótesis

La suplementación de ovinos en pastoreo durante el periodo de finalización con subproductos de cervecería presenta una mayor ganancia diaria de peso (GDP) y por lo tanto una mayor relación beneficio-costo en comparación con suplementos convencionales como maíz y sorgo.

Objetivo

Evaluar el desempeño productivo, rentabilidad, consumo y composición de la dieta de corderos en pastoreo durante el periodo de finalización suplementados con maíz amarillo, sorgo y subproductos de cervecería.

REVISIÓN DE LITERATURA

Sistema de Producción Ovina en la Región Árida y Semiárida de San Luis Potosí

La región árida y semiárida de México se localiza al norte del país (20° N), caracterizada por una baja precipitación anual que va desde los 350 y 550 mm. El área total es de 54 000 000 ha o cerca del 30% de la superficie de México. Una vegetación arbustiva gruesa ocupa el 68% de la región árida y semiárida, 28% es vegetación herbácea (mayormente pastos cortos y medianos) con arbustos dispersos y/o árboles (robles y pinos) y 4% (cerca 2 000 000 ha) de la región son actualmente tierras de cultivo abandonadas con erosión severa e infestadas por especies anuales (FAO, 2011).

México tiene 8.2 millones de ovinos, de los cuales el estado de San Luis Potosí aporta aproximadamente el 4.9% (404,262 cabezas; SIAP, 2013). Esta población se caracteriza por desarrollarse bajo sistemas de producción predominantemente extensivos, los cuales en su mayoría, hacen uso de los recursos vegetales de la región mediante el pastoreo de praderas nativas, forraje disponible en los caminos, residuos de cultivos y limitado uso de alimentación suplementaria con residuos de cultivos picados y grano de maíz durante la segunda mitad de la estación seca (FAO, 2011).

Producción Ovina en el Municipio de Villa de Arriaga

En particular, dentro del estado el municipio de Villa de Arriaga se ha destacado durante años por su producción ovina, actualmente cuenta con aproximadamente el 7% de la población ovina del estado. Durante el 2007, se registraron 186 Unidades de Producción (UP), mismas que cuentan en su mayoría con razas de lana, principalmente Rambouillet. La producción ovina del municipio se caracteriza por seguir los estándares de producción típicos de las regiones áridas y semiáridas del estado. A pesar de que solo el 3.2% de las UP cuentan con algún tipo de asistencia técnica, gran parte de los productores de la región cuentan con conocimientos empíricos que les permiten manejar sus rebaños ovinos (INEGI, 2013).

La alimentación del ganado depende en su mayoría de los recursos forrajeros de la región, la cual corresponde a un Pastizal Mediano Abierto, caracterizado por especies como navajita azul *Bouteloua gracilis*, navajita glandular *Bouteloua glandulosa*, zacate colorado *Heteropogon contortus* y otros de menor importancia, tales como zacate lobero *Lycurus phleoides*, zacate peineta *Microchloa kunthii*, y zacate cola de zorra *Muhlenbergia rigida*; además dentro de las arbustivas se encuentra el gatuño *Mimosa biuncifera*, nopal tapón *Opuntia robusta* y nopal cardón *Opuntia streptacantha*, siendo el coeficiente de agostadero para este sitio de 10.94 ha/UA (COTECOCA, 1974). En esta región, los residuos de cosechas también representan una fuente importante de forraje, especialmente durante el invierno. En algunos casos los productores combinan el alimento proveniente de los agostaderos con los concentrados, pero únicamente el 17.2% de las UP ofrecen algún tipo de alimento balanceado (INEGI, 2013). Tanto la disponibilidad como la calidad de estos recursos se muestran altamente comprometidas durante la temporada de estiaje, siendo la época más crítica para los productores de la zona el periodo comprendido entre los meses de febrero a mayo.

Comúnmente, el tiempo de pastoreo de los rebaños varía entre 6 y 8 h diarias; y por la tarde, los animales son llevados de regreso a los corrales de traspatio donde pernoctan para prevenir el posible ataque de depredadores; dichos corrales generalmente cuentan comederos y bebederos rústicos y en muchos casos están contruidos con material de la región. Además, son pocos los rebaños que cuentan con algún tipo de registro; ni productivo ni financiero. A pesar de la falta de asistencia técnica en las UP, los productores hacen uso de sus conocimientos para llevar a cabo diferentes prácticas de manejo y sanidad, ya que aproximadamente el 94% de los productores aplican algún tipo de vacuna y un 93% realiza prácticas de desparasitación del ganado (INEGI, 2013).

El principal objetivo de estos sistemas es la producción de borrego para abasto; en el caso de los machos son comercializados cuando alcanza un peso promedio entre 40-45 kg, generalmente se venden a intermediarios, compradores de grandes volúmenes de ganado que se encuentran en la cabecera municipal o en menor cantidad a pequeños distribuidores locales que comercializan de tres a diez cabezas de ganado para revender a particulares que requieren mejorar o incrementar el tamaño de sus rebaños. Los precios

varían estacionalmente alcanzando su máximo en los meses de noviembre y diciembre en los que llega hasta \$35.00 el kg de borrego en pie. Se estima que durante el año 2011 se comercializaron alrededor de 764.876 ton de ganado en pie en el municipio (SIAP, 2013). Por el contrario, las hembras que nacen dentro de la explotación son mantenidas con el objetivo de utilizarlas como hembras de reemplazo o con el interés de incrementar el volumen del rebaño.

En cuanto al manejo reproductivo, el empadre se realiza por medio de monta natural obedeciendo la respuesta nutricional de los ovinos al igual que la estacionalidad reproductiva típica de las razas de lana que se manejan en la región. Finalmente, podemos mencionar que gran parte de los productores cuentan con sistemas diversificados, ya que combinan la producción agrícola con la explotación de diferentes especies domésticas.

Requerimientos Nutricionales para Corderos en Crecimiento y Finalización

Energía

Los requerimientos energéticos para corderos en crecimiento, dependen tanto del sistema y las prácticas de producción (intensivo y extensivo) como de la edad y estado de madurez en cada una de las etapas de producción (Cannas *et al.*, 2004). De acuerdo con el NRC (2007), para corderos en una etapa temprana de madurez (8 meses) con un peso entre 20 a 50 kg, que presenten ganancias superiores a los 200 g/d y un consumo de entre 1.14 a 1.66 kg/d es necesario proporcionarles una dieta cuya concentración energética sea de 2.87 Mcal EM/kg MS, tomando en cuenta un requerimiento energético de 3.2 a 4.7 Mcal EM/d. Al igual que lo señalado Galvani *et al.* (2008), quienes obtuvieron ganancias de 245 g/d ofreciendo 2.63 Mcal EM/kg MS. Por otra parte Mahgoub *et al.* (2000), indican que proporcionando dietas de 2.6 Mcal EM/kg MS a corderos en crecimiento, es posible obtener ganancias de hasta 150 g/d con un consumo de 97.5 g/d.

Proteína

Los requerimientos de proteína del ganado se dan en función de muchas variables y no existe una fórmula específica para todas las condiciones. De acuerdo con Preston (1966), tres variables se encuentran involucradas en el requerimiento de proteína de un animal y estas son, el peso vivo, la ganancia diaria de peso y la digestibilidad de la proteína de la ración; al respecto algunos autores han intentado definir el nivel de requerimientos para este y otros nutrientes en base a las variables antes mencionadas, como se muestra en el Cuadro 1.

Jolly y Wallace (2007), mencionan que el nivel de PC en una ración dependerá de la densidad energética de la dieta al igual que la edad y peso del animal. El NRC (1975), señala que corderos en finalización con un peso entre 20 y 40 kg, y ganancias superiores a 300 g/d presentan un requerimiento de 160 g PC/kg MS. Por otra parte, Dabiri y Thonney (2004) han encontrado ganancias de 300 g/d al suministrar dietas con un nivel de PC de 170 g/kg MS; aun cuando algunos autores mencionan que un nivel de 140 g/kg MS puede resultar excesivo (Rocha *et al.*, 2004). Sin embargo, para aquellas situaciones en las que se desconoce la edad de los corderos, un mínimo de 150 a 160 g/kg MS puede optimizar su crecimiento (Jolly y Wallace, 2007). Según el NRC (2007), una dieta para engorda deberá tener de 15% a 17% de PC y un 70% de TND, para satisfacer y cubrir los requerimientos diarios en los ovinos.

Finalmente, Bell *et al.* (2003) recomiendan que las raciones deben ser formuladas en base a la relación entre PC y EM proporcionada al animal; al respecto, Jones *et al.* (2004) recomiendan utilizar un nivel de 12 g de PC por MJ de EM.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales para corderos en crecimiento.

Fuente	PV (kg)	Ganancia de Peso (g/d)	Consumo MS (kg)	Consumo MS % PV	EM Mcal/kg MS	PC %/kg MS	PM g/d
NRC (1985)	20	300	1.2	6.0	2.74	17	-
AFRC (1995)	20	50	0.5	2.5	2.29	-	49
AFRC (1995)	20	100	0.6	3.0	2.43	-	64
AFRC (1995)	20	150	0.8	4.0	2.34	-	80
AFRC (1995)	20	200	1.0	5.0	2.39	-	95
NRC (1985)	30	325	1.4	4.7	2.86	15	-
SCARM (1990)	30 (Estabulado)	200	1.1	3.7	2.62	10	-
SCARM (1990)	30 (Pastoreo)	200	1.3	4.3	2.62	9	-
AFRC (1995)	30	50	0.6	2.0	2.55	-	56
AFRC (1995)	30	100	0.8	2.7	2.46	-	71
AFRC (1995)	30	150	1.0	3.3	2.46	-	85
AFRC (1995)	30	200	1.3	4.3	2.39	-	100
NRC (1985)	40	400	1.5	3.8	2.72	16	-
AFRC (1995)	40	50	0.8	2.0	2.39	-	63
AFRC (1995)	40	100	1.0	2.5	2.41	-	77
AFRC (1995)	40	150	1.3	3.3	2.34	-	91
AFRC (1995)	40	200	1.6	4.0	2.36	-	105
NRC (1985)	50	425	1.7	3.4	2.77	14	-
AFRC (1995)	50	50	0.9	1.8	2.53	-	69
AFRC (1995)	50	100	1.2	2.4	2.39	-	83
AFRC (1995)	50	150	1.5	3.0	2.41	-	97
AFRC (1995)	50	200	1.9	3.8	2.36	-	110
NRC (1985)	60	350	1.7	2.8	2.77	14	-

Fuente: Jolly y Wallace, 2007.

Fibra

Además de la calidad nutricional de la fibra, esta contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia; Nocek, 1994). Estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra. Sin embargo, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987). Por lo cual, la formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles bajos de FDN) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando unos niveles mínimos de FDN y FDA; Calsamiglia, 1997).

Los requerimientos mínimos de fibra en la dieta de rumiantes han sido pobremente caracterizados. El NRC para ganado lechero (2001) recomienda un mínimo de 25% de FDN en el total de la dieta (MS sin incluir cenizas), del cual 75% se debe suministrar en forma de forrajes toscos para mantener el funcionamiento y salud ruminal. Esto establece los límites de inclusión de fibra no proveniente de un forraje, la cual es menos efectiva en la estimulación de la masticación que la fibra proveniente de un forraje. En este punto surge el término denominado “FDN efectiva” (FDNef) que es la cantidad de fibra con capacidad de estimular la rumia y la salivación, y considera el tamaño y forma de la partícula. Por lo tanto, la FDNef es el criterio de formulación más adecuado para valorar el aporte mínimo de fibra que garantiza una alimentación adecuada (Palladino *et al.*, 2006). Al respecto, recientes investigaciones se han concentrado en la definición de los requerimientos de fibra usando una combinación de factores físicos y químicos de la misma. Se han sugerido dos factores en esta ecuación: (1) fibra físicamente efectiva (peFDN), la cual hace referencia a las características físicas de la fibra, particularmente tamaño de partícula, y fibra que afecta la actividad de masticación y que establece la estratificación bifásica del contenido ruminal y (2) fibra efectiva (eFDN), que hace referencia a la habilidad total de un ingrediente para reemplazar el forraje en la dieta de forma tal que la producción de saliva derivada de la masticación tenga capacidad buffer a nivel ruminal (Mertens, 1997).

Generalmente, los nutriólogos tienden a referirse al porcentaje de forraje en una dieta para proporcionar una indicación de la cantidad de fibra efectiva adecuada en la misma. Idealmente, 20% de forraje en una ración debe ser suficiente para mantener el pH ruminal, y un mínimo de 27-30% de FDN (Firkins, 1999). Al igual que Mertens (1997) sugiere que un consumo mínimo de peFDN de 22.3% de la MS total de la ración, es necesario para mantener un pH ruminal de 6.0. En el caso de corderos en finalización, Smith (2008) estableció que las dietas deben contener 150 g FDN/kg MS, y/o 130 g peFDN/kg MS proveniente de heno de alfalfa molida. Algunas otras investigaciones indican que la inclusión de hasta 300 g de forraje por kg MS en dietas altas en grano para finalizar corderos ofrece buenos resultados en relación al CMS, GDP y CA (Haddad y Ata, 2009; Papi *et al.*, 2011).

Suplementación

En las regiones semiáridas, subtropicales y tropicales del mundo, la mayor parte de la población de pequeños rumiantes depende exclusivamente de forrajes para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad y calidad del forraje ha sido reconocida como una de las principales causas de estrés nutricional que limita la producción animal en estas regiones. En los agostaderos, durante la época seca, el consumo inadecuado de forraje que ocurre como resultado de su baja disponibilidad, el bajo nivel de proteína, y un aumento en la lignificación y en el contenido de otros componentes de la fibra, puede consecuentemente reducir el consumo de los nutrientes que requieren los pequeños rumiantes para su crecimiento, gestación y lactancia (Kawas y Huston, 1990).

En muchos sistemas de producción el uso de suplementos multinutrientes es necesario para obtener mayores niveles de productividad de pequeños rumiantes que consumen principalmente forraje, el cual, en muchas ocasiones es de muy baja calidad, por lo cual, la estrategia de la suplementación consiste en maximizar la digestión y el consumo de forraje, ya que cambios en el consumo de forraje ocurren como resultado de los cambios en la digestión y paso del alimento por el tracto digestivo, que están asociados con el consumo de los nutrientes adicionales que reciben del suplemento (Kawas, 2008).

La suplementación en la mayoría de las áreas donde los rumiantes se encuentran en pastoreo, se orienta a proveer los nutrientes necesarios para compensar las deficiencias o satisfacer las demandas de producción del animal, lo cual es más a menudo practicado durante los periodos de baja disponibilidad de recursos forrajeros. En algunos casos, la suplementación puede tomar la forma de sustitución cuando los nutrientes de los agostaderos son eliminados de la dieta de los animales a cambio de un suplemento. Tanto la suplementación como la sustitución pueden resultar deseables en momentos específicos, dependiendo de varios factores entre los que se incluye la cantidad y calidad del forraje al igual que las demandas de producción del animal (Caton y Dhuyvetter, 1997).

Dove (2002) discutió los factores que influyen en el grado de sustitución durante la suplementación de borregos en pastoreo. En general, el nivel de sustitución será mayor bajo las siguientes circunstancias:

1. Si hay más forraje disponible.
2. Si la calidad del forraje es alta.
3. Si el suplemento es de alta calidad.
4. Si más suplemento es ofrecido.
5. Si los animales no presentan altas demandas de nutrientes; bajas tasa de sustitución han sido observadas en animales lactantes (Dove *et al.*, 2000).
6. Si el suplemento es ofrecido menos frecuentemente en periodo dado de tiempo.

La tasa de sustitución de suplemento por forraje está relacionada con el consumo de forraje, la digestibilidad del mismo, la proporción de suplemento en la dieta, y la madurez del animal. Las tasas de sustitución son usualmente altas en rumiantes que consumen elevadas cantidades de forraje de alta digestibilidad, probablemente, debido a los mecanismos metabólicos que controlan el consumo voluntario. Por otro lado, las tasas de sustitución tienden a ser bajas cuando los animales consumen forrajes de baja a media digestibilidad. Debido a que el consumo voluntario esta mas bien regulado por la capacidad ruminal, la tasa de pasaje del alimento no digerido hacia el tracto gastrointestinal posterior, y la tasa de digestión de la fibra en el rumen; la sustitución es probablemente determinada por los cambios ocurridos en estos procesos. Así que

reducciones en la tasa de digestión de la fibra se deben regularmente a una disminución en el pH y/o un déficit de sustratos esenciales para los microorganismos del rumen (Dixon y Stockdale, 1999).

En general, la suplementación puede ser enfocada al cumplimiento de los siguientes objetivos: la corrección de una deficiencia nutritiva del forraje; para aumentar la capacidad de carga de las praderas o agostaderos; proporcionar un vehículo para aditivos promotores de crecimiento; como manera de ofrecer antimicrobiales u otros compuestos para la prevención o tratamiento de problemas potenciales de salud; o simplemente para facilitar el manejo del ganado (Lusby, 1990).

Suplementación energética

En aquellas situaciones en las que la disponibilidad de energía en el pastizal es insuficiente para satisfacer las demandas de producción, a menudo se proporciona algún tipo de suplementación energética con la finalidad de incrementar el consumo de energía del animal, logrado con esto mantener los niveles de producción deseados o reducir al mínimo las pérdidas, ya que gran parte de la energía que se adquiere en el pastizal probablemente es consumida por el trabajo que implica trasladarse a las áreas de pastoreo (Mahgoub *et al.*, 2000). De acuerdo con Osuji (1974), el gasto de energía por el pastoreo puede llegar a ser 30% mayor que el de animales en confinamiento. La mayor parte de este aumento parece estar asociado con el trabajo muscular, especialmente el trabajo de comer, mantenerse en pie y caminar. El gasto energético asociado a la labor de pastoreo está relacionado con el tiempo de pastoreo y la disponibilidad de forraje; a medida que aumenta el tiempo de pastoreo y disminuye la disponibilidad de forraje, el trabajo asociado con las actividades de pastoreo se incrementa (Mahgoub *et al.*, 2000).

Para lograr optimizar una suplementación energética, es necesario tener un amplio conocimiento de los requerimientos del animal. Por desgracia, las necesidades de energía de los rumiantes en pastoreo están pobremente caracterizadas al igual que la composición nutricional de los forrajes que encontramos en los pastizales (Lomas *et al.*, 2009). Las estimaciones acerca de las necesidades energéticas de los animales en pastoreo a menudo no llegan a predecir las respuestas sobre la ganancia esperada asociada con los suplementos de energía (Caton y Dhuyvetter, 1997). Además, cambios

en el valor nutricional del forraje, asociados a la madurez, la variación debida a las condiciones climáticas que normalmente ocurren dentro del período de crecimiento, y la selectividad propia del animal en pastoreo complican aún más esta situación (Coleman y Barth, 1973).

Efectos de la suplementación sobre el consumo de MS

Sencillamente, un suplemento puede ser definido como “algo añadido para cubrir una deficiencia” (Doyle, 1987), sin embargo, la respuesta a la suplementación en sistemas de pastoreo puede ser errática, sugiriendo que está ocurriendo algo más complejo que la “corrección de una deficiencia”. En general, si la suplementación es proporcionada para cubrir una deficiencia conocida en la dieta (p. e. minerales, vitaminas, o proteína degradable en rumen), entonces una respuesta común será un incremento en el consumo (complementación), aunque es comúnmente difícil saber en qué medida. Castro *et al.* (1994) observaron un incremento en el consumo de MS de corderos de la raza Merina al suplementarlos con una mezcla de cebada + soya en comparación con aquellos que fueron suplementados únicamente con grano de cebada, obteniendo valores de 779.6 g y 865.4 g respectivamente.

Por el contrario, si la suplementación es ofrecida debido a que la cantidad de forraje o la energía contenida en el forraje es demasiado bajo para cubrir los requerimientos de energía, la suplementación da como resultado una disminución en el consumo de forraje (sustitución). Este tipo de efectos negativos ocurren con frecuencia y pueden causar una baja eficiencia en la utilización del suplemento, especialmente cuando este se compone por granos (Dixon y Stockdale, 1999). Por regla general, la suplementación con concentrados energéticos, cuando el forraje no es limitante, permite incrementar la ingestión total de energía, pero incide negativamente en el consumo de forraje. Castro *et al.* (2004), reportaron una disminución en el consumo de forraje de 1000 a 800 g al incrementar el nivel de suplementación con grano de cebada de 300 a 600 g/d en ovejas en lactación. Resultados que concuerdan con lo encontrado por Valderrábano *et al.* (1994), quienes al suplementar 200 g/d de cebada a cabras Celtibéricas adultas en pastoreo, observaron una disminución de 140g/d en el consumo de *Atriplex halimus*, en comparación con aquellas que no recibían ningún tipo de suplementación. No obstante,

este efecto es menos evidente o incluso inexistente cuando la disponibilidad de forraje es limitante, debido a que el animal no puede maximizar su ingestión (Minson, 1990). En algunas circunstancias intermedias, la suplementación puede ser aditiva, p. e. casos en donde el consumo de forraje no se ve afectado por la suplementación (NRC, 2007). Este efecto se da cuando el animal dispone de abundante cantidad de pasto de baja calidad, limitada generalmente por la digestibilidad. En este caso, la adición de nutrientes, incrementa el desempeño animal sin manifestar diferencias positivas a favor del consumo de pasto, pero si en el consumo total (Lange, 1973). Sotomayor y Miloud (1994), al suplementar 900 g de paja de cebada a ovejas en mantenimiento alimentadas con *Atriplex halimus* no observaron diferencias significativas sobre el CMS entre las ovejas con y sin suplementación; sugiriendo con ello que la digestibilidad de la fibra del *Atriplex halimus* es baja, y por lo tanto intentan compensarlo con mayores niveles de ingestión o sustituyendo una parte de la dieta con una fibra de mayor digestibilidad, como es el caso de la paja de cebada.

Por otra parte, debido a esta asociación, se obtienen resultados positivos cuando los suplementos incrementan el consumo voluntario y/o la digestión del forraje, debido principalmente a la provisión de nutrientes limitantes (p. e. nitrógeno, fosforo) presentes en el suplemento (Dixon y Stockdale, 1999). Minson y Milford (1967) observaron que las ovejas consumieron mayor cantidad de *Digitaria decumbes*, especie deficiente en nitrógeno (38 g de PC/kg de MS), cuando se suplementa con una pequeña cantidad de alfalfa (elevado contenido de PC) que cuando se administra sola.

Cabe señalar que resulta complicado realizar predicciones con respecto a los efectos de la suplementación sobre la oferta neta de los nutrientes ya que se han encontrado resultados contradictorios (Dove, 2002). Otro aspecto que debe destacarse es que los suplementos pueden ofrecer una forma de energía de rápida fermentación, de hecho, puede resultar en una mayor oferta de proteína de sobrepaso, debido a que permite que una mayor cantidad de amoníaco en el rumen sea convertido en proteína microbiana (NRC, 2007). Estos microorganismos serán degradados en el abomaso e intestino delgado, siendo digeridos a tal extremo que la proteína microbiana es degradada en aminoácidos libres, para luego ser absorbidos por el animal.

Efectos de la suplementación sobre la ganancia de peso

Estrategias de alimentación, tales como la suplementación, son un medio para proporcionar al animal ingredientes alimenticios o subproductos agroindustriales tanto energéticos como proteínicos con alto valor nutritivo y buena cantidad de aminoácidos, que actúen como correctores energético-proteínicos en las dietas de baja calidad nutricional, logrando incrementar la ganancia de peso (Bavera, 2002). Se ha observado que corderos suplementados con concentrados energético-proteínicos, logran incrementar su peso hasta cuatro veces más que aquellos que no reciben ningún tipo de suplementación (Hernández, 2005); por lo cual, la suplementación de corderos a partir de la segunda semana de vida puede ser una práctica rentable si consideramos que durante los primeros días de vida los animales son más eficientes, y el proporcionar un suplemento energético y proteínico permitirá que se exprese su potencial genético, lo cual se traducirá en significativos incrementos de peso; como los obtenidos por Duarte y Pelcastre (2000), quienes al suplementar corderos predestete con un concentrado a base de soya + maíz, alcanzando una ganancia de 226 g/d misma que resultado significativamente superior a la obtenida para los corderos que no fueron suplementados (110 g/d); asumiendo que dicha diferencia en la ganancia de peso se debe al efecto del consumo de alimento complementario.

Por otro parte, la suplementación ofrecida en etapas más avanzadas de crecimiento también resulta importante, debido a que la eficiencia de crecimiento posdestete que se obtiene en sistemas de “solo pastoreo” es reducida. Hernandez *et al.* (2000) mencionan que las ganancias de peso para borregos de pelo en pastoreo en el estado de Tabasco se ubican alrededor de 29 y 78 g/d dependiendo en parte del tipo de pasto utilizado, la carga animal y el manejo agronómico al pasto. La reducida ganancia de peso de los borregos de pelo en pastoreo contrasta con la mayor respuesta productiva que de ellos se obtiene cuando son manejados en estabulación y alimentados con dietas integrales, sistema de manejo en el cual se puede obtener una ganancia diaria entre 108 g (Cantón y Velázquez, 1993) y 276 g (Duarte y Pelcastre, 1998). Ganancias de peso similares pueden ser alcanzadas al ofrecer algún tipo de suplementación. Como lo demuestra Oliva y Vidal (2001), al obtener ganancias de 145 g/d, ofreciendo 763 g de suplemento

(3.03 Mcal EM/kg MS y 14.5% PC) a borregos Pelibuey en pastoreo; dicha ganancia de peso puede ser atribuida a un mayor consumo de energía y de MS, en comparación con la obtenida por los ovinos alimentados con gramíneas a través de un sistema de pastoreo.

Selectividad y Composición de la Dieta

Los animales que se encuentran en pastoreo enfrentan una enorme diversidad de plantas forrajeras, bajo estas condiciones establecen una cartografía del pastizal y posteriormente jerarquizan los diferentes sitios atendiendo a la calidad de los recursos forrajeros presentes en cada uno de ellos (Preston y Leng, 1989), siendo casi imposible, debido al hábito de selección, aplicar estándares alimenticios en animales en pastoreo.

Considerando que el ovino es altamente selectivo, aún con baja disponibilidad y asignación por animal, el cordero es capaz de seleccionar a favor de la proteína y digestibilidad (Formoso y Colucci, 1999). Sotomayor y Miloud (1994) mencionan que ovejas alimentadas con *Atriplex halimus* y suplementadas con paja de cebada modificaron la composición de su dieta al incrementar el consumo de hojas de *A. halimus* (69%) respecto a las que no fueron suplementadas (55%), caso contrario a los tallos, cuyo consumo disminuyó de 45% a 31% al ofrecer la suplementación, respuesta que se atribuye al hecho de que la suplementación con ingredientes de mayor digestibilidad induce a un efecto de sustitución, disminuyendo el consumo voluntario de forraje, en el cual se resaltó la preferencia de las hojas sobre los tallos debido a que presentan un menor nivel de FDN, FDA y lignina. Por otra parte, Kyriazakis y Oldham (1993), diseñaron un experimento, con corderos de raza Suffolk x Scottish, para evaluar la capacidad de selección de los animales cuando podían elegir entre alimentos con diferente contenido de proteína, al ofrecer a dos grupos de animales el mismo suplemento proteínico con un 24% de PB y adicionalmente, cada uno de ellos se le ofreció otra mezcla de alimento con 8% y 11% de PB; observando que los corderos del grupo al que se le ofreció el suplemento con 8% de PB incrementaron el consumo del mismo con la finalidad de conseguir un aporte adecuado de proteína.

Los animales en pastoreo consumen alimento a lo largo del día; y el punto de inicio y finalización de los periodos de alimentación parece estar relacionado en parte con la digestibilidad y la carga metabólica del alimento. Durante el pastoreo, al elevarse un

metabolito en sincronía con un alimento, un animal puede ser capaz de asociar las consecuencias metabólicas directamente con ese alimento, y si este incremento es importante, puede lidiar con el mediante la regulación del tiempo de pastoreo, mencionan Cosgrove *et al.* (1999), quienes al trabajar con ovejas que pastoreaban en dos áreas de monocultivo adyacentes proporcionándoles la oportunidad de elegir entre una ración compuesta por ryegrass y trébol blanco, al mismo tiempo que se suministraba una dosis de urea (por medio de un sistema automatizado) asociada con el trébol, las ovejas gastaron menor tiempo pastoreando el trébol comparado con otros tratamientos, pero no incrementaron el tiempo de pastoreo en el ryegrass para mantener el consumo de MS; respuesta que atribuyen al hecho de que cuando a las ovejas que recibían una infusión de urea se les daba la oportunidad de elegir, estas pueden incrementar su preferencia por especies alternativas (o disminuir la preferencia por las especies asociadas a esta infusión) para tratar el exceso de amoníaco, posiblemente reduciendo la cantidad de amoníaco en el rumen a un nivel por debajo de un umbral crítico sensible a la carga de amoníaco y la tasa de liberación del mismo en el rumen. Estos resultados preliminares muestran que un elevado aporte de nitrógeno amoniacal afecta el consumo, y que las ovejas son capaces de controlar su ingesta de nutrientes; y que una base nutricional para la preferencia y la selectividad, como la carga de amoníaco ruminal, queda por esclarecer.

Alimentación de Ovinos en Finalización con Granos de Cereales

Los granos de cereales son la fuente más común de energía para las dietas de ganado y pueden equivaler hasta el 95% de la dieta total para animales en corral de engorda (Brouk, 2009). En corderos, las dietas altas en granos consisten en granos enteros complementados con un concentrado proteínico y sin forraje, lo cual da como consecuencia un concentrado con un alto contenido energético (2.8 a 3.0 Mcal/kg, Cifuentes, 2012). De esta forma, del total de los granos consumidos, sólo un tercio son masticados y los restantes son regurgitados durante la rumia para una nueva masticación. Así la acción de regurgitar y masticar contribuye a una mayor producción de saliva, pH y salud ruminal (Umberger, 2009). El molido de los granos promueve que las bacterias amilolíticas tengan un mayor acceso a los gránulos de almidón, incrementando así, su

velocidad de fermentación y digestión ruminal (McAllister y Cheng, 1996). Por el contrario, los granos enteros tienen una menor velocidad de fermentación (Beauchemin *et al.*, 2001), lo cual aumenta el tiempo de rumia (Orskov *et al.*, 1974), el pH ruminal y reduce el riesgo de acidosis ruminal (Brent, 1976). De esta forma, la alimentación de corderos con dietas altas en granos ofrece ventajas sobre los molido, en especial sobre la conversión alimenticia, ganancia de peso y los costos de alimentación (Stanton y Levalley, 2006).

El pH ruminal es menor a 6 cuando los corderos son alimentados con dietas altas en grano (Mackie y Gilchrist, 1979). Conforme la proporción de granos en la dieta se incrementa, generalmente la proporción molar de propionato y butirato aumentan, mientras que la de acetato disminuye (Ramos *et al.*, 2009). Lo anterior ocasiona cambios importantes en las poblaciones de bacterias ruminales, ya que la población de bacterias fibrolíticas es disminuida, mientras que la población de bacterias amilolíticas tiende a incrementar (Tajima *et al.*, 2001) y la producción de ácido láctico (Brossard *et al.*, 2003). De esta forma, el incremento en la concentración de ácidos grasos volátiles y de lactato induce la disminución de los valores de pH ruminal (Mackie *et al.*, 1978), aun y cuando ello dependerá del nivel de forraje en la dieta. Una baja concentración de nitrógeno amoniacal ha sido observada en el líquido ruminal de rumiantes alimentados con dietas altas en grano (Askar *et al.*, 2006) como resultado de la reducción en la desaminación proteínica inducida por un pH bajo en rumen (Lana *et al.*, 1998).

Maíz

El grano de maíz es una valiosa fuente de energía en rumiantes, debido a que provee adecuadas cantidades de almidón, mismas que promueven el crecimiento de bacterias en el rumen mejorando así la digestibilidad del forraje. Ya que contiene almidón de lenta degradación en el rumen, el grano de maíz tiene un bajo valor acidogénico y proporciona almidón de sobrepaso, permitiendo la absorción de glucosa en el intestino delgado. Sin embargo, debido a que tiene un pobre contenido de proteína, el grano de maíz debe complementarse adecuadamente con una fuente de proteína para satisfacer los requerimientos del animal. (Theurer *et al.*, 1999).

Los granos de cereales como es el caso del maíz, comúnmente se han utilizado como suplementos energéticos, sobre todo en aquellas circunstancias en las que se dispone de un pastizal o pradera donde es posible encontrar plantas con un elevado contenido de N. Kennedy y Milligan (1980) mencionan que granos como el maíz pueden ser utilizados para incrementar la utilización de la urea y la síntesis de proteína. Karnezos *et al.* (1994), obtuvieron ganancias de 169 g/d al suplementar 247 g de maíz quebrado a corderos en finalización pastoreando alfalfa, demostrando que el ofrecer cantidades limitadas de maíz mejora el rendimiento productivo y disminuye los niveles de urea en sangre, haciendo un uso más eficiente de la proteína de la alfalfa.

Henning *et al.* (1980) al trabajar con ovejas, reporto que niveles bajos de suplementación con maíz (7.8% del consumo de MS) incremento el consumo de forraje. Sin embargo, con elevados niveles de suplementación (más del 23% del consumo de MS) el consumo de forraje fue reducido. Las reducciones sobre el consumo de forraje asociadas a la suplementación con maíz han sido atribuidas su elevado contenido de almidón, mismo que provoca disminuciones en el pH ruminal (Mould *et al.*, 1983). Dicha disminución en el pH asociada con el aumento de almidón en la dieta afecta significativamente la población de bacterias ruminales, llevándolas hacia una mayor población amilolítica y menor población celulolítica. El resultado de estos cambios bacterianos, se cree que reduce la digestión de fibra y afecta negativamente a la ingesta del forraje disponible en el pastizal. Matejovsky y Sanson (1995) indican que los niveles de suplementación con grano deben ser menores a 0.25% del PV para no probar efectos adversos sobre la utilización del forraje.

Sorgo

El sorgo, es un alimento importante para el ganado. En general, ha sido cultivado en áreas donde la precipitación no sostiene la producción económica del maíz u otros cultivos que requerirían casi el doble de humedad. En muchas regiones el sorgo es el típico grano con el que se reemplaza al maíz, sin embargo los resultados con respecto a la substitución de maíz por sorgo son contradictorios. En diferentes investigaciones se ha demostrado que se obtienen resultados similares en la engorda de ganado con maíz y sorgo, no obstante este último tiene un menor precio en el mercado (Brouk, 2009).

Algunos otros señalan que las características alimenticias del sorgo son en extremo variables y en muy pocas ocasiones productivas este cultivo puede sustituir al maíz en una relación directa. Son varios los aspectos nutricionales que diferencian al grano de sorgo del grano de maíz: la calidad del almidón (de menor digestibilidad ruminal y duodenal, debido a la presencia de una matriz proteica que actúa como una barrera a los microbios del rumen), la concentración de taninos condensados en su cubierta externa (factor que interfiere en la digestión de la proteína) dependiendo del tipo de sorgo y su baja concentración de aceites esenciales (Gallardo, 2011). Sin embargo, el sorgo contiene más PC que el maíz (11% vs 8.7-8.9%; NRC, 1985), los datos resumidos en las publicaciones del NRC (2001) indican que los valores oscilan entre de un 23% a 28% más, pero los cambios en la genética de las plantas probablemente han dado como resultado un mayor rendimiento del almidón que diluiría la cantidad de PC. Dichas diferencias son pequeñas y no tendrían un efecto negativo importante en la digestión de los rumiantes. En cuanto a la energía, el sorgo y el maíz son muy comparables (2.85 Mcal/kg y 3.15 Mcal/kg respectivamente; NRC, 1985).

Herrera (1990) menciona que las tasas de digestión del sorgo calculadas para la proteína cruda y almidón son similares a las del maíz. Owen *et al.* (1997) al evaluar 605 comparaciones de diferentes métodos de procesamiento con 5 tipos de granos, concluyo que la alimentación con sorgo pueda dar como resultado ganancias diarias de peso promedio similares a las del maíz cuando se proporcionaba a becerros en engorda. Hart (1987) al proporcionar niveles crecientes de grano de sorgo a novillos, observo incrementos en consumo de MS con respecto a los animales que no recibían suplementación; y la digestibilidad de la MS también fue incrementada en aquellos animales que recibían 15% y 30 % de sorgo en su dieta. Cabrera *et al.* (2007) han obtenido ganancias de peso de 270 g/d al ofrecer 620 g de suplemento con 28% de grano de sorgo (170 g) a borregos Dorper/Katahdin en finalización. Ganancias de peso similares han sido señaladas por Buendía *et al.* (2010), quienes al proporcionar una dieta base con 700 g de sorgo, obtuvieron un incremento de peso de 220 g/d.

Bagazo húmedo de cebada

El uso de los suplementos energéticos más comunes, como lo son los granos de cereales, puede disminuir el consumo y la digestibilidad del forraje (Hoover, 1986). Al contrario, el bagazo húmedo de cebada al igual que otros subproductos, representa una alternativa a los granos de cereales, como una fuente de energía para el rumen a partir de fibra degradable. Algunos suplementos de esta naturaleza, con alto contenido de fibra, han mostrado incrementos en el consumo de forraje; como lo señala Lusby y Wagner (1986), los suplementos elaborados a partir de fuentes de fibra altamente digestibles pueden tener más utilidad que los concentrados a base de granos para incrementar el consumo de energía total para bovinos en pastoreo.

El bagazo húmedo de cebada ha sido calificado como un complemento adecuado para la alimentación de rumiantes y no rumiantes; sin embargo, debido a la concentración de proteína (26%) y su alta cantidad de fibra (42% FDN y 23% FDA) puede resultar ser más benéfico en la alimentación de rumiantes, ya que estimula el buen funcionamiento del rumen (Westendorf y Wohlt, 2002). Esta alta concentración de fibra, se debe a que los almidones y los azúcares son removidos del grano durante el proceso de malteado, dejando principalmente los carbohidratos estructurales de la pared celular. Su valor energético es aproximadamente de 71 a 75% de TND, comparado con el maíz, el cual tiene un valor de TND de 88%. Esta energía quizás derive de la alta digestibilidad de la fibra. Adicionalmente, su contenido de grasa cruda (7 a 10%) contribuye a su valor energético total (Hersom, 2006). Ojowi *et al.* (1997) observaron que el bagazo húmedo de cebada es una excelente fuente de nutrientes y reporta un rendimiento similar en los ensayos de engorda de animales alimentados ya sea a base de cebada convencional o con dietas que contienen bagazo de cebada. Igualmente observo que la alimentación con este subproducto no presenta diferencias significativas en las características de la canal (cobertura de grasa subcutánea, grado de marmoleo). Aguilera *et al.* (2008), ha obtenido ganancias de peso de 215 g/d al ofrecer 670 g de bagazo de cebada a ovinos Rambouillet x Pelibuey en condiciones intensivas; en contraste, Moges *et al.* (2008), obtuvieron ganancias de peso de 93 g/d al suplementar 300 g de bagazo de cebada deshidratado a corderos en finalización en pastoreo, concluyendo que la suplementación a este nivel

puede mejorar el CMS, la utilización de nutrientes, la ganancia de peso y la conversión alimenticia de los ovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo se realizó con productores de la comunidad de El Mezquital, Villa de Arriaga, San Luis Potosí, México. Las coordenadas geográficas de la comunidad son 22° 07' 17.50'' N y 101° 16' 17.90'' O a 2,169 msnm. El clima es seco templado, con una temperatura media anual de 16.2 °C y una precipitación media anual histórica de 394.3 mm con lluvias en verano (INAFED, 2013). Durante los últimos años los datos registrados por la estación climatológica La Lugarda (Villa de Arriaga) indican una disminución considerable en la precipitación para los años 2011 y 2012 donde se obtuvieron 192.6 y 265 mm respectivamente (INIFAP, 2013).

Ensayo Productivo

Animales

Se utilizaron un total de 23 corderos de la raza Rambouillet, 12 hembras y 11 machos con un peso vivo (PV) 25.5 ± 9 kg. La fase experimental tuvo una duración de 45 días, con un periodo de adaptación al suplemento de 15 días. Al inicio del experimento los corderos fueron identificados, pesados y ubicados al azar en cada uno de los tratamientos. Los corderos se desparasitaron y vitaminaron (Vermifin ADE Boehringer Ingelheim®) en el día 3 del periodo de adaptación.

Los tratamientos consistieron en: (T1) Pastoreo; (T2) Pastoreo + 500 g de MS de maíz amarillo; (T3) Pastoreo + 500 g de MS de sorgo; y (T4) Pastoreo + 500 g de MS de subproducto de cervecería (bagazo húmedo de cebada).

El experimento fue desarrollado del 01 de febrero al 30 de marzo de 2013 en una explotación ovina con un sistema semiextensivo. Se pastorearon los corderos en las áreas de cultivo que contaban con residuos de cosechas de maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*) y algunas malezas (*Bidens aurea*, *Amaranthus hybridus*, *Cynodon dactylon*, *Salsola tragus*) así como también en un pastizal mediano abierto. El coeficiente de agostadero, estimado por COTECOCA (1974) para este sitio es de 10.94

ha/UA y las especies registradas son: navajita azul (*Bouteloua gracilis*), navajita glandular (*Bouteloua glandulosa*), zacate colorado (*Heteropogon contortus*) y otros de menor importancia, tales como zacate lobero (*Lycurus phleoides*), zacate peineta (*Microchloa kunthii*), y zacate cola de zorra (*Muhlenbergia rigida*); además dentro de las arbustivas se encuentra el gatuño (*Mimosa biuncifera*), nopal tapón (*Opuntia robusta*) y nopal cardón (*Opuntia streptacantha*). Con el objetivo de corroborar la presencia de las especies anteriormente mencionadas en la zona, se realizaron varios recorridos durante el periodo experimental, en los cuales se identificaron además, otras especies de importancia, como es el caso de diferentes variedades de *Setarias* spp, *Leptochloa dubia*, *Stipa leucotricha*, *Eragrostis mexicana*; arboles de importancia forrajera como *Prosopis leavigata* y *Acacia farnesiana*, especialmente por su vaina; *Agave salmiana* y *Agave lechuguilla*.

Los animales pastorearon por periodos de 5 h (8:00 – 13:00), posteriormente se trasladaban a los corrales de traspatio donde se separaron de acuerdo al tipo de suplemento. Por la tarde (17:00 h), se proporcionó el suplemento, para asegurar que cada cordero consumiera la cantidad de alimento asignada, se sujetaron a un poste y se les proporcionó en comederos individuales el suplemento correspondiente a cada tratamiento. Por la noche se retiró el alimento rechazado de los comederos y se pesó en una báscula granataria.

Análisis Financiero

Con los datos obtenidos en el ensayo productivo se realizó un análisis de factibilidad económica con base en los siguientes indicadores (Cifuentes, 2012):

- Valor de la producción = precio x peso de borrego producidos
- Costo de la producción = costo de los corderos + costo de la alimentación
- Beneficio bruto = valor de la producción – costo de la producción
- Razón beneficio-costo = beneficio bruto / costo de la producción
- Razón beneficio-ventas = beneficio bruto / valor de la producción

Análisis Microhistológico

Durante el periodo experimental, se identificaron por observación directa, las especies vegetales consumidas por los corderos, mismas que posteriormente fueron recolectadas cortando únicamente la parte aérea de la planta y colocando por separado en bolsas de papel los tallos, hojas e inflorescencias o flores, en caso de estar presentes. Dichas muestras se utilizaron posteriormente para elaborar la colección de referencia que serviría en la identificación de las especies presentes en las muestras de heces.

Para la obtención de las heces, se colocaron bolsas colectoras durante tres días consecutivos para lograr que los corderos se adaptaran a llevarlas durante el pastoreo, posteriormente se obtuvieron las heces producidas durante un periodo de 24 h, muestreando al azar dos animales por tratamiento.

La preparación de las muestras para el análisis microhistológico se realizó de acuerdo al método propuesto por Sparks y Malechek (1968) modificado por Holechek (1982). Tanto las muestras de plantas como de heces recolectadas fueron secadas en una estufa de aire circulante a 60 °C, hasta llevarlas a peso constante. Posteriormente se molieron utilizando un molino Wiley con malla de 1 mm y decoloraron con hipoclorito de sodio de uso doméstico, hasta que la muestra alcanzara una tonalidad amarillo paja, después se enjuago en un tamiz de 100 mesh con agua corriente.

Para la colección de referencia se elaboraron 3 laminillas por cada parte anatómica de la planta y como medio de montaje se utilizó solución de Hoyer. La identificación a nivel de especie se realizó con base en las características de la pared celular, el tamaño y la forma celular, presencia y forma de las células de corcho y de sílice, y presencia y forma de tricomas. En el caso de las muestras de heces se elaboraron 5 laminillas por cada muestra de heces (2 muestras por tratamiento) y se utilizó miel como medio de montaje. Se realizó una lectura de 100 campos sistemáticamente seleccionados por muestra utilizando 100 x de magnificación. Con los datos obtenidos se estimo la composición botánica de la dieta (Sparks and Malechek, 1968).

Los datos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con dos repeticiones por tratamiento, analizados en un procedimiento ANOVA del SAS (SAS, 2004) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

Variables Evaluadas

Desempeño productivo

Ganancia de Peso Total (GPT). Se obtuvo como producto de la diferencia entre el peso al inicio del periodo experimental y el peso al finalizar el mismo (peso ganado durante el periodo de 45 días).

Ganancia de Diaria de Peso (GDP). Se determinó por medio de pesajes en lapsos de 15 días durante todo el periodo experimental utilizando una báscula tipo romana; la GDP representará el producto de dividir el incremento de peso en cada periodo de muestreo entre los días transcurridos.

Consumo Diario de Suplemento (CDS). A cada animal le fueron ofrecidos 500 g de suplemento en base MS, sin embargo la variación que existía entre la talla de los animales limitó el consumo del suplemento debido a la mayor o menor capacidad de ingestión, por lo cual, diariamente el suplemento rechazado era retirado de los comederos, pesado y registrado. Los datos registrados durante los 45 días del periodo experimental fueron promediados y convertidos a % PV.

Índice de Conversión del Suplemento (IC). Se obtiene como el resultado de dividir el consumo total de suplemento entre la ganancia de peso total durante los 45 días del periodo experimental, y se expresa como kg de suplemento/kg de PV.

Análisis financiero

Costo de Producción por Kg ganado debido al Suplemento (CPK). El cual se obtuvo con base al índice de conversión del suplemento (IC) multiplicado por el costo del insumo utilizado en cada tratamiento.

Relación Beneficio-Costo (B/C). La relación beneficio costo fue asumida como el producto de dividir el beneficio bruto entre el costo de la producción. El costo de los insumos para la alimentación de los corderos al igual que el precio de venta por kg en pie de los mismos fue fijado en base al precio establecido en los mercados locales durante ese periodo.

Diseño y Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con diferente número de repeticiones; a los tratamientos 1, 2 y 4 les fueron asignados 6 corderos combinando hembras y machos, mientras que el tratamiento 3 contaba únicamente con 5 UE. Los datos fueron analizados con un procedimiento GLM del SAS (SAS, 2004) y una prueba de Tukey para la comparación de medias. Debido a la variación presente en el peso inicial de los animales y al hecho de contar con hembras y machos dentro de cada tratamiento, se decidió contemplar ambos factores como covariable dentro del análisis estadístico para evitar que se pudieran encubrir verdaderas diferencias entre tratamientos, sin embargo el efecto de ambos factores sobre la variable de respuesta no fue significativo por lo cual no fueron considerados dentro del diseño experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desempeño Productivo

Para la variable GPT se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 1), donde los mayores valores fueron para los tratamientos T2, T3 y T4, mientras que la menor GPT fue reportada para el T4 mismo que no contaba con ningún tipo de suplementación. Por otra parte, para la variable GDP se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde T1 presentó la menor ganancia de peso, mientras que T2, T3 y T4 resultaron ser estadísticamente iguales, alcanzando ganancias de 144, 133.3 y 138.8 g/d, favoreciendo ligeramente el tratamiento en el que se proporcionó maíz como suplemento energético, pero sin llegar a ser significativo. La similitud que existe entre la respuesta al utilizar subproductos de cervecería y maíz es semejante a lo mencionado por Homm (2008), quien al evaluar la alimentación de novillos en finalización bajo un sistema intensivo con subproductos de cervecería (cebada) a niveles de 15 a 45% del total de la dieta obtuvo rendimientos similares a los novillos alimentados con una dieta a base de maíz con alto contenido de humedad (44%).

Resultados de GDP similares fueron reportados por Cabrera *et al.* (2007), quienes encontraron diferencias significativas entre la GDP de animales sin suplementación con respecto a los que sí recibían suplementación, alcanzando GDP de 273 g/d al ofrecer alrededor de 617 g/d de un suplemento concentrado. Esta respuesta coincide con lo mencionado por Reyes (2006), quien observó que corderos en crecimiento bajo pastoreo y sin suplementación difícilmente tendrán ganancias superiores a 80 g/d, en cambio, los corderos que llegan a recibir 200 g/d de suplemento energético-proteínico, logran incrementar hasta cuatro veces más su peso comparados con aquellos sin suplementación (20 g vs 80 g; Hernández, 2005). Estas diferencias se deben a un mejor aporte nutricional que se ofrece a través del suplemento. Lo anterior está relacionado con lo reportado por Iturbide (2001), quien reconoce que la producción diaria por animal está determinada por la combinación de efectos entre la disponibilidad y calidad del alimento (suplementación energético-proteica), así como por el apetito y el potencial genético del animal. En este caso, la suplementación energética puede alterar los

requerimientos de energía de los rumiantes en pastoreo mediante la alteración de la conducta en pastoreo o influyendo en la eficiencia de uso de la energía (Caton y Dhuyvetter, 1996). Debido a que gran parte de la energía que se adquiere en el pastizal probablemente es consumida por el trabajo que implica trasladarse a las áreas de pastoreo (Mahgoub *et al.*, 2000); llegándose a incrementar el gasto energético hasta un 30% más que el de ovejas estabuladas. Datos de Sarker y Holmes (1974) y Adams (1985) indican que la suplementación con concentrados puede disminuir el tiempo de pastoreo; y si el tiempo de pastoreo es reducido, la demanda energética relacionada con este trabajo también debe disminuir. Por otra parte, numerosos estudios indican que el suministro de suplementación proteica y/o energética en el ganado bovino, donde la calidad de la pastura consumida es baja, incrementa la ganancia de peso y el consumo de MS total (Balbuena *et al.*, 2006), pero provoca una disminución en el consumo de forraje, especialmente cuando se ofrece un suplemento de tipo energético (Caton y Dhuyvetter, 1997). Henning *et al.* (1980) reportan que niveles bajos (7.8% del consumo de MS) de suplementación con maíz en ovinos incrementan el consumo de forraje. Sin embargo, niveles elevados (más del 23% del consumo de MS) reducen el consumo de forraje en comparación con animales que no reciben suplementación. En nuestro caso, y asumiendo un consumo de MS entre 1.14 y 1.66 kg/d (NRC, 2007) para corderos de estas características, el nivel de suplementación excedió en gran medida el 23% del consumo, por lo cual es probable que el consumo de forraje en pastoreo se haya visto impactado en forma negativa por la suplementación; atribuyendo dichos efectos a una depresión en el pH ruminal, asociada a un incremento de almidón en la dieta que afecta la población de bacterias ruminales, incrementando el número de bacterias amilolíticas y reduciendo la población fibrolítica, lo cual nos lleva directamente hacia una disminución en la digestibilidad del forraje y por lo tanto reducciones en su consumo. Esto es debido a que las bacterias del rumen no pueden digerir rápidamente la fibra y el material es retenido por un mayor tiempo en el rumen del animal (Calsamiglia, 1998).

Para el CDS se encontraron diferencias significativas, siendo mayor para el T2 y T3 con 1.55 y 1.64 g, respectivamente; el menor CDS se observó para T4, debido al elevado contenido de humedad del bagazo de cebada (70%). Los resultados de consumo para T4 son similares a lo reportado por Thomas *et al.* (2010), quienes mencionan que el

consumo de bagazo húmedo de cebada para vacas adultas debe oscilar entre 0.78 y 1.31% de su PV.

El IC fue calculado tanto en base húmeda como seca, con la finalidad de expresar el requerimiento de kg de suplemento en presentación comercial necesarios para incrementar un kg de PV de los corderos, considerando que el bagazo de cebada presenta un alto porcentaje de humedad; sin embargo para fines de análisis consideraremos el IC en base MS. No encontrando diferencias significativas entre tratamientos con suplementación, indicando que se requieren cantidades similares de suplemento, ya sea maíz, sorgo o bagazo de cebada, para incrementar un 1 kg de PV. Valores similares fueron reportados por Narváez (1997), quien al ofrecer una dieta concentrado comercial-rastrojo de maíz 85:15 en la alimentación de borregos obtuvo IC de 4.1.

El IC obtenido con el bagazo de cebada es muy similar al obtenido cuando se suplementa con maíz, dicha eficiencia en la utilización del bagazo de cebada puede ser efecto del elevado contenido de PC de este subproducto (26%; NRC, 1996). Beaty *et al.* (1994), quien trabajó con novillos suplementados con grano de sorgo y harina de soja, en cantidades crecientes de proteína que iban desde el 10 al 40% de PC en el alimento y cuyos resultados mostraban que el incremento de proteína en la dieta aumentaba cuadráticamente la digestibilidad de la MS total. Además se sugiere que a pesar de que los rumiantes consumían forrajes de baja calidad, que podrían ser deficientes en energía, el nutriente limitante era principalmente el nitrógeno, que restringió la fermentación microbiana, por lo tanto la proteína que pueda ser provista por suplementos disminuye satisfactoriamente esta carencia y promueve el incremento de la digestibilidad de la MS.

Cuadro 2. Ganancia de Peso Total (GPT), Ganancia Diaria de Peso (GDP), Consumo de Suplemento (CDS), Índice de Conversión (IC).

Tratamientos	GPT (kg)	GDP (g/d)	CDS (%PV)	IC	
				kg suplemento/kg de PV Base Húmeda	Base MS
T1	2.2 ^b	50.0 ^b	0.0	0	0
T2	6.5 ^a	144.0 ^a	1.5 ^a	5.0 ^a	4.3 ^a
T3	6.0 ^a	133.3 ^a	1.6 ^a	7.2 ^a	6.5 ^a
T4	6.2 ^a	138.8 ^a	1.3 ^b	14.9 ^b	4.4 ^a
Media	5.2	116.5	1.5	9.4	5.0

^{a,b}. Letras diferentes por columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

Análisis Financiero

Para la variable CPK se encontraron diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos (Cuadro 3), encontrado el menor costo de producción por kg de PV ganado debido a la suplementación para el T4 superando a T2 y T3, resultando ser el sorgo el tipo de suplementación energética más costosa aun cuando dicha diferencia no se considere estadísticamente significativa. La amplia variación entre costos de producción debe ser atribuida principalmente al precio de los insumos en el mercado durante el periodo invernal, ya que la ganancia de peso total resulto ser similar para los diferentes tipos de suplementación. Tal es el caso del maíz y el sorgo que al ser productos de interés para la alimentación animal, durante la temporada de estiaje incrementa significativamente su demanda y por lo tanto su valor en el mercado; caso contrario del bagazo húmedo de cebada, que al ser considerado un desecho de la industria cervecera despierta poco interés e incluso existe desconocimiento por parte de quienes lo producen acerca de su gran potencial para ser utilizado como insumo en la alimentación animal.

Con respecto a B/C, los mayores valores fueron encontrados en el tratamiento T4, con un valor de 0.16; lo cual contrasta con el resto de los tratamientos que contaban con suplementación (T2 y T3), ya que a pesar de obtener GDP similares, los costos por

concepto de alimentación son mas elevados. Contrariamente, el tratamiento T1 obtuvo una mejor B/C que T2 y T3, indicando que en ambos casos la suplementación puede ser utilizada como una estrategia para mantener e incrementar la condición y el buen estado físico de los animales especialmente en épocas de estiaje, pero a costa de sacrificar cierto porcentaje de las utilidades del sistema.

Cuadro 3. Análisis financiero por indicadores de ovinos en periodo de finalización suplementados con tres tipos de granos de cereal.

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
	n=4	n=2	n=3	n=3
Costo de suplemento, \$/kg	0.00	5.90	4.90	1.00
Precio de venta, \$/kg PV	31.00			
Costo de la suplementación, \$	0.00	863.65	585.37	342.53
Valor de la GPT debida al pastoreo, \$	418.50	409.20	341.00	409.20
Valor de la GPT debida a la suplementación, \$	0	799.80	589.00	753.30
Valor de la producción, \$	4789.50	6277.50	5068.50	5797.00
Costo de la producción, \$	4371.00	5932.15	4723.87	4977.00
CPK*	0	29.91 ^b	35.56 ^b	14.91 ^a
B/C	0.09	0.05	0.07	0.16

^{a,b}: Letras diferentes por columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

*El costo promedio de la suplementación por kg de PV ganado fue de 26.0; el índice de conversión utilizado para el cálculo de esta variable es en base húmeda, ya que bajo esa presentación se adquiere en el mercado y se proporciona al animal, por lo tanto expresa el costo verdadero de la producción.

Análisis Microhistológico

Al analizar la composición de la dieta se encontraron diferencias significativas entre tratamientos solo en una de las especies consumidas (*Salsola tragus*), presentando el mayor valor para T1, mientras que T2, T3 y T4 no mostraron diferencias significativas entre la composición de su dieta. Este incremento en el consumo de *Salsola tragus* en el tratamiento que no contaba con suplementación puede ser atribuido que durante la temporada del trabajo experimental, algunas parcelas de cultivo al igual que las orillas

de caminos y corredores por donde se pastoreaba el ganado se encontraban invadidas por esta especie. Especialmente, dentro de las áreas de cultivo era posible encontrar una gran cantidad de rebrotes, por lo cual los animales mostraban predilección por su consumo. Por otra parte, tanto *Avena sativa* como *Zea mays* tuvieron una presencia en la dieta muy por debajo del *Salsola tragus* contrario a lo que se hubiera esperado por considerar de mejor calidad forrajera a estas gramíneas; al respecto Nagel *et al.* (2011) al evaluar diferentes especies forrajeras en el altiplano de San Luis Potosí, mencionan que durante la temporada de sequía (noviembre a marzo) en esta región especies como *Zea mays*, *Avena sativa* entre otras gramíneas presentan un bajo contenido de PC y altamente lignificadas, por lo cual el nivel de preferencia de los animales disminuye. Safigueroa *et al.* (1997) mencionan que a medida que la planta envejece incrementa la proporción de tallos y flores, disminuyendo la proporción de hojas y la ingestión voluntaria. Esta reducción en la ingestión es debida, por un lado, a la mayor resistencia ofrecida por los tallos a la masticación y, por otro, a cambios químicos, tanto en los tallos como en las hojas, que disminuyen la degradabilidad ruminal de la planta y aumentan también su resistencia a la masticación (Giráldez *et al.*, 1993). Lanyasunya *et al.* (2006) comentan que una planta forrajera es considerada de “muy buena calidad” con respecto a su digestibilidad, si contiene un nivel máximo de 350 g FDN/kg MS y 250 g FDA/kg MS. Al respecto, se ha reportado que especies como *Zea maíz* y *Avena sativa* durante esta temporada presentan valores de 45 FDN - 688 FDA g/kg MS y 136 FDN - 586 FDA g/kg MS respectivamente, y una cantidad de PC de 136 g/kg MS para la avena y 45 g/kg MS en el maíz, que en comparación con el *Salsola tragus* (625 g/kg MS FDN, 149 g/kg MS FDA y 187 g/kg MS de PC) presentan valores más elevados de FDA (Philipp *et al.*, 2011).

Cuadro 4. Composición botánica de la dieta de ovinos en periodo de finalización suplementados con tres tipos de granos de cereal.

Especie	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Grano de Maíz	0	35.8	0	0
Grano de Sorgo	0	0	48.3	0
Bagazo Húmedo de Cebada	0	0	0	41.6
<i>Avena sativa</i>	19.8	18.4	10.4	9.8
<i>Salsola tragus</i>	56.1 ^a	33.3 ^b	27.8 ^b	15.6 ^b
<i>Zea mays</i>	3.7	6.6	7.9	7.1
<i>Bidens aurea</i>	7.6	0.6	1.2	22.1
<i>Acacia farnesiana</i>	2.9	1.2	2.7	0.9
<i>Eragrostis mexicana</i>	6.4	2.1	0.6	0
<i>Cynodon dactylon</i>	0.1	0.3	0	0.9
<i>Prosopis leavigata</i>	0.3	0	0	0
<i>Amaranthus hybridus</i>	2.5	1.0	0.7	1.7

^{a,b} Letras diferentes por columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que los subproductos de cervecería (bagazo húmedo de cebada) son una buena opción para la suplementación de ovinos en pastoreo, ya que a través de su utilización es posible obtener ganancias de peso similares a las obtenidas con otros suplementos energéticos comúnmente utilizados por los productores, como es el caso del maíz y el sorgo, pero disminuyendo significativamente los costos de alimentación y por lo tanto obteniendo mejores ganancias.

LITERATURA CITADA

- Adams, D. C. 1985. Effect of time of supplementation on performance, forage intake, and grazing behavior of yearling beef steers grazing Russian wild ryegrass in the fall. *J. Anim. Sci.* 61: 1037.
- AFRC (Technical Committee on Responses to Nutrients). 1995. Energy and protein requirements of ruminants. Ed. CABI Publishing. Oxon, UK.
- Aguilera, S. J. I., R. G. Ramírez, C. F. Arechiga, F. Méndez, M. A. López, J. M. Silva, R. M. Rincón and F. M. Duran. 2008. Effect of feeding additives in growing lambs fed diets containing wet brewers grains. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21(10): 1425-1434.
- Askar, A. R., J. A. Guada, J. M. González, A. de Vega and C. Castillo. 2006. Diet Selection by growing lambs offered whole barley and protein supplement, free choice: effects on performance and digestion. *Livest. Sci.* 101: 81-93.
- Balbuena, O., A. L. Slanac, D. Rochinotti, I. Monaco y N. Y. Werner. 2006. Consumo de heno de *Dichantium caricosum* con distintos niveles de suplementación de cascarilla de soja en bovinos. [Online]. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional de Nordeste. <http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/alimen/> [2009, agosto].
- Bavera, A. R. 2002. La industria cárnica ovina. In: Manual para la educación agropecuaria. Ed. Océano. México, D.F. pp 102-123.
- Beaty, J. L., R. C. Cochran, B. A. Lintzenich, E. S. Vanzant, J. L. Morrill, R. T. Brandt Jr and D. E. Johnson. 1994. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 72: 2475-2486.
- Beauchemin, K.A., W.Z. Yang and L.M. Rode. 2001. Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. *J. Anim. Sci.* 79: 1925-1936.
- Bell, A. K., C. G. Shands, R. S. Hegarty and G. Duddy. 2003. Agnote: Feedlotting lambs. *NSW Agriculture.* 1-12.
- Brent, B.E. 1976. Relationship of acids to other feedlot aliments. *J. Anim. Sci.* 43: 930.
- Brossard, L., C. Martin and B. Michalet-Doreau. 2003. Ruminant fermentative parameters and blood acido-basic balance changes during the onset and recovery of induced latent acidosis in sheep. *Anim. Res.* 52: 513-530.
- Brouk, M. J. 2009. Valor alimenticio del grano y forraje de sorgo en las dietas de bovinos para producción de carne. United Sorghum Checkoff Program. [Online]. Departamento de Ciencias Animales e Industria, Universidad Estatal de Kansas. <http://sorghumcheckoff.com/wp-content/uploads/2012/06/FeedingvalueofSorghumBeef-SpanishVersionFinal.pdf> [2014, enero].

- Buendía, G., G. Mendoza, J. M. Pinos, S. González, E. Aranda, L. Miranda y L. Melgoza. 2010. Influence of supplemental phytase on growth performance, digestión and phoshorus balance of lambs fed sorghum-based diets. *Ital. J. Anim. Sci.* 9(e36): 187-189.
- Cabrera, N. A., P. Rojas, I. Daniel, A. Serrano y M. López. 2007. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *UDO Agrícola.* 7(1): 245-251.
- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de ruminates. XIII Curso de Especialización FEDNA. Departamento de Patología y Producción Animal, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Calsamiglia, S. E. 1998. La suplementación en los ovinos. Memoria IV Congreso Nacional Ovino. Querétaro, México. pp 64-75.
- Cannas, A. L., O. Tedeschi, D. G. Fox, A. N. Pell, and P. J. Van Soest. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 82:149-169.
- Cantón, C. J. G. y M. P. A. Velásquez, 1993. Productividad de corderos terminales de razas de pelo cruzados de Suffolk. Producción de ovinos en el trópico. Centro de Investigación Regional del Sureste, INIFAP. p 17.
- Castro, T., T. Manso, M. A. Chaso, F. J. Giráldez y A. R. Mantecón. 1994. Respuesta productiva de corderos en crecimiento a la utilización de la harina de carne y la torta de soja como suplementos proteínicos. In: Producción Ovina y Caprina. XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Eds. L. Gallegos and J. Pérez. Universidad de Castilla-La Mancha. pp 379-384.
- Caton, J. S. and D. V. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Anim. Sci.* 75: 533-542.
- Caton, J. S. and D. V. Dhuyvetter. 1996. Manipulation of maintenance requirements with supplementation. In: Proc. 3rd Grazing Livestock Nutrition Conference. Ed. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 47(Suppl. 1): 72.
- Cifuentes, L. R. O. 2012. Crecimiento, finalización y características de la canal de corderos alimentados con dietas altas en grano. Producción de Pequeños Rumiantes. Maestría en Producción Agropecuaria. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P., México.
- Coleman, S. W. and K. M. Barth. 1973. Quality of diets selected by grazing animals and its relation to quality of available forage and species composition of pastures. *J. Anim. Sci.* 36: 754.
- Cosgrove, G. P., G. C. Waghorn and A. J. Parson. 1999. Exploring the nutritional basis of preference and diet selection by sheep. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association.* 61: 175-180.
- Dabiri, N. and M. L. Thonney. 2004. Source and level of supplemental protein for growing lambs. *J. Anim. Sci.* 82: 3237-3244.

- Dixon, R. M. and C. R. Stockdale. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Aust. J. Agrc. Res.* 50(5): 757-774.
- Dove, H. 2002. Principles of supplementary feeding in sheep-grazing systems. In: *Sheep Nutrition*. Ed. CABI Publishing in association with CSIRO Publishing. Wallingford, UK and Melbourne, Australia. pp 119-142.
- Dove, H., M. Freer, and J. Z. Foot. 2000. The nutrition of grazing ewes during pregnancy and lactation: A comparison of alkane-based and chromium/in vitro-based estimates of herbage intake. *Aust. J. Agric. Res.* 51: 765-777.
- Doyle, P. T. 1987. Supplements other than forages. In: *The Nutrition of Herbivores*. Ed. Academic Press. Sydney, Australia. pp 429-464.
- Duarte, F. y A. Pelcastre. 2000. Efecto de la suplementación predestete a corderos en condiciones tropicales. *Livestock Research for Rural Development*. 3(12). <http://www.cipav.org.co/lrrd/12/3/duar123a.htm> [2013, octubre].
- Duarte, V. F. y O. A. Pelcastre. 1998. La yuca (*Manihot esculenta*) como fuente energética en dietas integrales para engorda de borregos Pelibuey y su cruce con Hampshire. *Téc. Pecu. Méx.* 36(2): 173-178.
- FAO. 2011. Perfiles por país del recurso pastura/forraje. [Online]. <http://www.fao.org> [2011, octubre].
- Firkins, J. 1999. Rations for good rumen health. [Online]. *Bucheye Dairy News*. <http://www.dairy.osu.edu/bdnews/v002iss03.htm> [2013, septiembre].
- Formoso, D. y P. E. Colucci. 1999. Efecto del Sistema de pastoreo en la dieta de primavera de ovinos y bovinos pastoreando campo natural. *Producción Ovina*. 12: 19-26.
- Gallardo, M. 2011. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes, XXI Curso Internacional de Lechería para Profesionales de América Latina. [Online]. Departamento de Producción Animal y Pasturas. <http://prodanimal.fagro.edu.uy> [2013, julio].
- Galvani, D. B., C. C. Pires, G. V. Kozloski, and T. P. Wommer. 2008. Energy requirements of Texel crossbred lambs. *J. Anim. Sci.* 86: 3480-3490.
- Giráldez, F. J., J. S. González, F. J. Ovejero and C. Valdés. 1993. Degradación ruminal de henos de prado permanente: efecto del grado de madurez. *Arch. Zootec.* 42: 13-30.
- Haddad, S. G. and M. A. Ata. 2009. Growth performance of lambs fed on diets varying in concentrate and wheat Straw. *Small Rumin. Res.* 81: 96-99.
- Hart, S. P. 1987. Associative effects of sorghum silage and sorghum grain diets. *J. Anim. Sci.* 64: 1779.
- Henning, P. A., Y. Van der Linden, M. C. Matthorpe, W. K. Nauhaus, and H. M. Swartz. 1980. Factors affecting the intake and digestion of roughage by sheep fed maize straw supplemented with maize grain. *J. Agric. Sci.* 94: 565.

- Hernández, A., P. Estrada e I. Torres. 2005. Efecto de la proteína en la canal ovina. In: Memorias del III Simposio sobre Rumiantes. Guadalajara, México. pp 78-89.
- Herrera, R. E., J. T. Huber and M. H. Poore. 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.* 73: 2386-2393.
- Hersom, M. J. 2006. By-product feed utilization for forage diets. In: 55th Annual Florida Beef Cattle Short Course. Univ. of Florida, Gainesville. pp 5-14.
- Holechek, J. L. 1982. Sample preparation technique for microhistological analysis. *J. Range Manage.* 35:267-268.
- Homm, J. W., L. L. Berger and T. G. Nash. 2008. Determining the corns replacement value of wet brewers grain for feedlot heifers. *The Professional Animal Scientist.* 24: 47-51.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestión. *J. Dairy Sci.* 69: 2755.
- INAFED. 2013. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de San Luis Potosí, Villa de Arriaga. [Online]. Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Nacional. <http://www.inafed.gob.mx/> [2013, febrero].
- INEGI. 2013. Censo Agropecuario 2007. VIII Agrícola, Ganadero y Forestal. [Online]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=17177&s=est> [2013, junio].
- Iturbide, R. J. 2001. Las necesidades nutritivas y requerimientos de los ovinos de carne y lana. Ed. Porrúa. Zaragoza, España. pp 145-201.
- Jolly, S. and A. Wallace. 2007. Best practice for production feeding of lambs: A review of the literature. Meat and Livestock Australia Limited. North Sydney, Australia. pp 8-12.
- Jones, F. M., R. S. Hegarty and J. J. Davis. 2004. Protein and energy requirements of growing lambs. In: Feeding grain for Sheep Meat Production. Sheep CRC.
- Karnezos, T. P., A. G. Matches, R. L. Preston, and C. P. Brown. 1994. Corn supplementation of lambs grazing alfalfa. *J. Anim. Sci.* 72: 783-789.
- Kawas J. R. and J. E. Huston. 1990. Nutrients of hair sheep in tropical and subtropical regions. In: Hair Sheep Production in Tropical and Subtropical Regions. Small Ruminant-Collaborative Research Support Program US-AID.
- Kawas, J. R. 2008. Producción y utilización de bloques multinutricionales como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos y ovinos: la experiencia en regiones semiáridas. *Tecnología & Ciencia Agropecuaria.* 2(3): 63-69.
- Kennedy, P. M. and L. P. Milligan. 1980. The degradation and utilization of endogenous urea in the gastrointestinal tract of ruminants: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 60: 205.

- Kyriazakis, I. and J. D. Oldham. 1993. Diet selection in sheep: the ability of growing lambs to select a diet that meets their crude protein (nitrogen x 6,25) requirements. *British Journal of Nutrition*. 69: 617-629.
- Lana, R. P., J. B. Russell and M. E. Van Amburgh. 1998. The role of pH in regulation of ruminal methane and ammonia production. *J. Anim. Sci.* 76: 2190-2196.
- Lange, A. 1973. Suplementación de pasturas para la producción de carne. AACREA. Colección Investigación Aplicada. p 72.
- Lomas, L. W., J. L. Moyer and G. A. Millikent. 2009. Effect of energy supplementation of stocker cattle grazing smooth bromegrass pastures on grazing and subsequent finishing performance and carcass traits. *The Professional Animal Scientist*. 25: 65-73.
- Lusby, K. S. 1990. Supplementation of cattle on rangeland. *Proc. Southern Pasture and Forage Crop Improvement Conf.* pp 64-71.
- Lusby, K. S. and D. G. Wagner. 1986. Effects of supplements on feed intake. In: *Symposium Proc.: Feed Intake by Beef Cattle*. Ed. F. N. Owens. Oklahoma Agric. Exp. Sta. MP-121. Stillwater. pp 173-181.
- Mackie, R. I., F. M. C. Gilchrist, A. M. Roberts, P. E. Hannah and H. M. Schwartz. 1978. Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaptation of sheep to high concentrate diets. *J. Agric. Sci.* 90: 241-254.
- Mackie, R. I. and F. M. C. Gilchrist. 1979. Change in lactate-producing and lactate utilizing bacteria in relation to pH in the rumen of sheep during stepwise adaptation to high-concentrate diet. *Appl. Environ. Microbiol.* 38: 422-430.
- Mahgoub O., C. D. Lu and R. J. Early. 2000. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. *Small Ruminant Research*. 37: 35-42.
- Matejovsky, K. M. and D. W. Sanson. 1995. Intake and digestion of low-, medium-, and high-quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. *J. Anim. Sci.* 73: 2156.
- McAllister, T. A. and K. J. Cheng. 1996. Microbial strategies in the ruminal digestion of cereal grains. *Anim. Feed Sci. Technol.* 62: 29-36.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64: 1548.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for measuring the fiber requirements of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 80: 1463-1481.
- Minson, D. J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Ed. Academic Press. London.
- Minson, D. J. and R. Milford. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbes*). *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husbandry*. 7: 545-551.

- Moges, M., B. Tamir and A. Yami. 2008. The effects of supplementation of grass hay with different levels of brewers dried grain on feed intake digestibility and body weight gain in intact Wogera lambs. *East African Journal of Science*. 2(2): 105-110.
- Mould, F., E. R. Orskov and S. O. Mann. 1983. Associative effects of mixed feeds: The effect of dietary additions of bicarbonate salts on the voluntary intake and digestibility of diets containing various proportions of hay and barley. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 10: 15.
- Nagel, P., M. Wurzinger, L. Iñiguez, F. G. Echavarría, M. J. Flores, J. M. Pinos, W. J. Gómez y W. Zollitsch. 2011. Sistemas de alimentación para las cabras y evaluación cualitativa de los piensos a los que se tienen acceso durante la temporada de seca: dos estudios de caso del altiplano mexicano. *Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. XVII: 247-258.
- Narváez, G. M. C. 1997. Comportamiento de corderos alimentados con diferentes niveles de rastrojo de maíz en dietas a base de concentrado. Maestría en Ciencias en Producción Animal. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chapingo.
- Nocek, J. E. 1994. Manipulation of non structural and structural carbohydrates in rations for dairy cows. *Minnesota Nutrition Conference*. 55:165-171.
- NRC (National Research Council). 1975. *Nutrient Requirements of Sheep*. 5th edition Ed. National Academy Press. Washington, D.C. pp 47-51.
- NRC (National Research Council). 1985. *Nutrient requirements of sheep*. 6th edition. Ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC (National Research Council). 1996. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th edition. Ed. National Academy Press. Washington, DC.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Ed. National Academy Press. Washington, DC.
- NRC (National Research Council). 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Ed. National Academy Press. Washington, DC. pp 36, 39, 244.
- Ojowi, M., J. J. McKinnon, A. Mustafa and D. A. Christensen. 1997. Evaluation of wheat-based wet distiller grains for feedlot cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 77: 447-454
- Oliva, H. J. y A. Vidal. 2001. Utilización de zeranol en borregos Pelibuey en pastoreo y con concentrado energético. *Universidad y Ciencia*. 17(34): 57-64.
- Orskov, E. R. 1974. Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time, and firmness of subcutaneous fat in lambs. *Br. J. Nutr.* 56: 441-248.
- Osuji, P. O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *J. Range Manage.* 27: 437.
- Palladino, A., M. Wawrzekiewicz y F. Bargo. 2006. La fibra. *Infortambo*. 202: 82-84.

Papi, N., A. Mostafa-Tehrani, H. Amanlou and M. Memarian. 2011. Effects of dietary forage-to-concentrate ratios on performance and carcass characteristics of growing fat-tailed lambs. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 163: 93-98.

Preston T. R. y Leng R. A. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles; aspectos básicos y aplicados del Nuevo enfoque sobre la nutrición de los rumiantes en el trópico. Ed. CONDRIT Ltda. Cali, Colombia. p 312.

Preston, R. L. 1966. Protein Requirements of Growing-Finishing Cattle and Lambs. *J. Nutrition.* 90: 157-159.

Ramos, S., M. L. Tejido, M. E. Martínez, M. J. Ranilla and M. D. Carro. 2009. Changes in ruminal fermentation in sheep fed either alfalfa hay or grass hay after changing to a high concentrate diet. *Nutritional and Foraging Ecology of Sheep and Goats.* 85: 285-290.

Rocha M. H. M., I. Susin, J deS Jr Fernandes, Q.C. Mendes. 2004. Performance of Santa Ines lambs fed diets of variable crude protein levels. *Sci. Agric.* 61(2): 141-145.

Sarker, A. B. y W. Holmes. 1974. The influence of supplementary feeding on the herbage intake and grazing behavior of dry cows. *J. Br. Grassl. Soc.* 29:141.

SCARM (Primary Industries Standing Committee). 1990. Feeding standards for Australian livestock: Ruminants. Standing Committee on Agriculture and Resource Management (SCARM) Report 47. Ed. CSIRO Publishing, Victoria Australia.

SIAP. 2013. Lugar que ocupan los estados por producto, producción, precio, valor, animales sacrificados y peso de carne en canal y población ganadera, avícola y apícola durante el 2010. [Online]. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> [2013, febrero].

Smith, P. S. 2008. Dietary fibre requirements of feedlot lambs. Dissertation of Magister Scientiae Agriculturae. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.

Sotomayor, J. A. y A. Miloud. 1994. Consumo de *Atriplex halimus* por oveja segureñas: efecto de la suplementación con paja sobre la composición de la dieta. In: Producción Ovina y Caprina. XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Eds. L. Gallegos and J. Pérez. Universidad de Castilla-La Mancha. pp 323-328.

Sparks, D. R. and J. C. Malechek. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *J. Range Manage.* 21:264-265.

Stanton, T. L., S. B. LeValley. 2006. Lamb feedlot nutrition. Colorado State University Extension. Livestock Series Magnament. p 4.

Tajima, K., R. I. Aminov, T. Nagamine, H. Matsui, M. Nakamura and Y. Benno. 2001. Diet-dependent shifts in the bacterial population of the rumen revealed whit real-time PCR. In: *Appl. Environ. Microbiol.* 67. 2766-2774.

Theurer, C. B., J. T. Huber, A. Delgado-Elorduy and R. Wanderley. 1999. Invited Review: Summary of steam-flaking corn of sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1950-1959.

Thomas M., M. Hersom, T. Thrift and J. Yelich. 2010. Wet brewers grains for beef cattle. Animal Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. p 2.

Umberger, S. H. 2009. Whole-grain diets for finishing lambs. Virginia Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. p 4.

Valderrábano, J., I. Delgado, I. Lorenzo y O. Lazreg. 1994. Respuesta a la suplementación energética de cabra blanca celtibérica en pastoreo de *Atriplex halimus*. In: Producción Ovina y Caprina. XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Eds. L. Gallegos and J. Pérez. Universidad de Castilla-La Mancha. pp 317-322.

Westendorf, M. L. and J. E. Wohlt. 2002. Brewing by-products: Their use as animal feeds. *VCNA: Food Animal Practice.* 18(2): 233-252.