



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

INDICADORES PRODUCTIVOS DEL PASTOREO EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE CRÍA OVINA

TESIS

Que como requisito parcial

para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

PRESENTA:

OSCAR ROJAS LÓPEZ



Bajo la supervisión de: RICARDO DANIEL AMÉNDOLA MASSIOTTI,

Ph.D. y JORGE LUIS TÓRTORA PÉREZ, Dr.

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



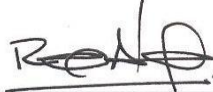
JULIO, 2012

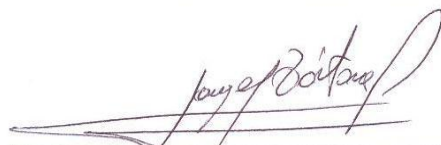
Chapingo, Estado de México

INDICADORES PRODUCTIVOS DEL PASTOREO EN UNA UNIDAD DE
PRODUCCIÓN DE CRÍA OVINA

Tesis realizada por **OSCAR ROJAS LÓPEZ** bajo la supervisión del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

CODIRECTOR: 
Ph.D. RICARDO DANIEL AMÉNDOLA MASSIOTTI

CODIRECTOR: 
DR. JORGE LUIS TÓRTORA PÉREZ

ASESOR: 
Ph.D. MAXIMINO HUERTA BRAVO

ASESOR: 
Ph.D. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: 
DR. JUAN ANDRÉS BURGUEÑO FERREIRA

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	V
LISTA DE FIGURAS	VII
DEDICATORIAS	VIII
AGRADECIMIENTOS	IX
DATOS BIOGRÁFICOS.....	XI
1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Sistemas de cría ovina en pastoreo en clima templado	3
2.1.1 Fundamentos de los sistemas de producción en pastoreo.....	3
2.1.2 Integración de la agricultura y la ganadería.....	4
2.2 Requerimientos energéticos de ovinos en pastoreo.....	6
2.2.1 Eficiencia de la energía metabolizable	7
2.2.2 Eficiencia en la pérdida y ganancia de peso en los rumiantes	8
2.2.3 Requerimientos de energía para mantenimiento de ovinos en pastoreo	9
2.3 Consumo de forraje por ovinos en pastoreo.....	11
2.3.1 Factores que modifican el consumo de ovinos en pastoreo.....	11
2.4 Estimación del consumo de forraje en pastoreo.....	15
2.4.1 Estimación del consumo basada en muestreo de forraje	15
2.4.2 Estimación del consumo basada en el desempeño de los animales	16
2.4.3 Carga animal	16
2.5 Praderas mixtas de alfalfa y gramíneas en México	17
2.6 El uso de forraje de especies del género <i>Brassica</i>	18
2.7 Literatura citada.....	19
3 INDICADORES PRODUCTIVOS DEL PASTOREO EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE CRÍA OVINA.....	24
3.1 Resumen	24

3.2	Abstract	25
3.3	Introducción	26
3.4	Material y métodos	27
3.4.1	Localización	27
3.4.2	Descripción de la unidad de producción	27
3.4.3	Variables registradas	28
3.4.4	Análisis estadístico	36
3.5	Resultados.....	37
3.5.1	Producción de forraje de las praderas	37
3.5.2	Calidad nutritiva de los alimentos utilizados	39
3.5.3	Carga animal en las praderas.....	40
3.5.4	Peso y condición corporal de borregas y reemplazos	41
3.5.5	Productividad neta de las praderas	41
3.6	Discusión	43
3.6.1	Producción de forraje de las praderas	43
3.6.2	Consumo de forraje	45
3.6.3	Eficiencia de cosecha	47
3.6.4	Calidad nutritiva del forraje y persistencia de las praderas	47
3.6.5	Consumos de coliflor, brócoli y zanahoria	48
3.6.6	Carga animal en las praderas.....	48
3.6.7	Evolución del peso y la condición corporal	49
3.6.8	Productividad neta de las praderas	49
3.7	Conclusiones	50
3.8	Literatura citada.....	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Ecuaciones para estimar los requerimientos energéticos para las borregas en sus diferentes etapas fisiológicas y referencias.....	31
Cuadro 3.2. Borrega Equivalente y las equivalencias de distintas categorías y etapas fisiológicas de acuerdo a sus necesidades energéticas (EM, Mcal día ⁻¹).	33
Cuadro 3.3.División del rancho Xonecuila en predios y praderas con áreas y edad.....	37
Cuadro 3.4. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de masas de forraje ofrecido y residual, forraje consumido por unidad de área (kg MS ha ⁻¹) y eficiencia de cosecha (%) por predio y pradera en el Rancho Xonecuila.	37
Cuadro 3.5. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de consumo diarios por Borrega Equivalente (BE) en términos de materia seca (kg MS), energía metabolizable (Mcal EM) y proteína cruda (kg PC); aporte de la pradera al consumo total (%) en el Rancho Xonecuila.	38
Cuadro 3.6. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de consumo diario de materia seca (kg MS), energía metabolizable (Mcal EM) y proteína cruda (kg PC) por Borrega Equivalente de praderas en Rancho Xonecuila.	39
Cuadro 3.7. Composición nutritiva promedio ($\pm$ desviación estándar) de las praderas y su edad en el rancho Xonecuila.....	39
Cuadro 3.8. Composición nutritiva promedio ($\pm$ desviación estándar) de rastrojo de maíz, pradera de avena y residuos agrícolas de coliflor y brócoli pastoreados en el rancho Xonecuila.	40
Cuadro 3.9. Composición nutritiva promedio ($\pm$ desviación estándar) de suplementos utilizados corrales de encierro nocturno en Rancho Xonecuila. ..	40

Cuadro 3.10. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de carga animal instantánea (Borrega equivalente ha^{-1}), carga animal por ciclo de pastoreo (Borrega equivalentes $\text{ha}^{-1} \text{ ciclo}^{-1}$) y días de descanso de praderas pastoreadas por borregas Columbia. 42

Cuadro 3.11. Promedio anuales ($\pm$ desviación estándar) de la productividad neta de las praderas ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) estimados con la técnica de forraje consumido y cálculos en reversa de las praderas de Rancho Xonecuila. 43

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Promedios mensuales ($\pm$ desviación estándar) de masas de forraje ofrecido (kg MS ha^{-1}) en el Rancho Xonecuila.....	38
Figura 3.2. Número de Borrega equivalentes totales (BE) durante el periodo de estudio en el Rancho Xonecuila y el número de BE soportados únicamente por la pradera.....	41
Figura 3.3. Comportamiento del peso y la condición corporal a través del periodo de estudio de borregas vientre y reemplazos Columbia en el rancho Xonecuila.	42
Figura 3.4. Promedios mensuales ($\pm$ desviación estándar) de la productividad neta de las praderas ($\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) del rancho Xonecuila, estimadas por muestreos de forraje pre- y post- pastoreo y cálculo basado en desempeño animal.	44
Figura 3.5. Relación entre las estimaciones de productividad neta de las praderas del rancho Xonecuila ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) por muestreos de forraje pre- y post- pastoreo y cálculo basado en desempeño animal.	45
Figura 3.6. Discrepancias de medias bajo el método de Bland-Altman entre la técnica de muestreos pre y post- pastoreo y la técnica de cálculo basado en desempeño animal.....	46

DEDICATORIAS

A mi familia, gracias por su apoyo sin ustedes este objetivo no podría haberse cumplido. En especial a mi hermano Daniel signo de lucha y resistencia.

A mis nuevos sobrinos Yaretzi Fernanda, Valentina, Achtlí, Rodrigo Ernesto y Yazid Eli, hay más motivos para levantarse y entregar todo nuestro esfuerzo para dejarles un mundo mejor.

A mis suegros y cuñado, por todo el apoyo en esta etapa de dolor y lucha constante.

A todos los Médicos, enfermeras y trabajadores de los Hospitales de México, que a pesar de los salarios y de las paupérrimas condiciones de trabajo hacen esfuerzos sobrehumanos por atender a nuestros enfermos en especial a los del Instituto Nacional de Pediatría.

A los jóvenes del 132 por las nuevas esperanzas que forjan día a día con su andar y a todos aquellos que con sus acciones ayudan a construir más igualdad y justicia en este infierno llamado México.

A Carmen Aristegui, aunque mi tesis no es el gran descubrimiento de la producción animal, quiero dedicarla en su honor, por su profesionalismo y que a pesar de que se enfrenta a los poderes más peligrosos de país, lo hace con valentía y entereza, vaya este pequeño esfuerzo para alentar su quehacer diario.

Y a ti corazón...

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico para poder realizar mis estudios de posgrado y culminar la presente investigación.

Al Dr. Ricardo Daniel Améndola Massiotti y a su esposa María Luisa Saavedra Sola por su amistad y por haber compartido su conocimiento y su valioso tiempo para poder llevar a cabo ésta investigación.

Al Dr. Maximino Huerta Bravo, al Dr. Jorge Luis Tórtora Pérez, al Dr. Pedro Arturo Martínez Hernández y al Dr. Juan Andrés Burgueño Ferreira por sus acertadas observaciones y sugerencias que ayudaron a mejorar y enriquecer esta investigación. A todos los maestros que integran la comunidad del Posgrado en Producción Animal que de alguna manera contribuyeron en mi formación compartiendo sus valiosos conocimientos.

Al MC. Yolanda Castañeda Nieto y al MC. Carlos Antonio López Díaz por haber puesto su confianza en mí y darme cartas de recomendación.

Al Ing. Lorenzo Yano Bretón dueño del rancho Xonecuila por haberme permitido trabajar en su rancho, a las secretarias Lourdes y Georgina, a los pastores Emiliano, Luis, Guillermo, Don Fidel, Don Romualdo, a los veladores Don Francisco y Carlos por el apoyo otorgado y la calidez humana con que me trataron en mis estancias en el rancho. Al MVZ Gonzalo y a Fernando encargados del Rancho Xonecuila por todo el apoyo y disponibilidad

Quiero agradecer a mis compañeros y amigos de la Maestría, Delfino, Renato y Saúl, la Ing. Liz Martínez y al Ing. Pedro Topete Pelayo, a los estudiantes de

Zootecnia Ubaldo, Silverio y Benito por el apoyo para los muestreos y el pesaje de mis borregas.

A MVZ Francisco Adrián Moreno García mi hermano el apoyo para el muestreo en fechas difíciles.

A mi nuevo hermano el Ing. Luis Antonio Saavedra por todo el apoyo en los muestreos y de mi estancia en Chapingo.

A la Dra. María Edna Sánchez Álvarez por permitirme adentrarme en el mágico mundo de la fertilidad de suelos, una de las mejores clases que he tomado en mi vida académica. Al Sr. Indalecio por su apoyo en el trabajo de laboratorio, y demás personas que contribuyeron a la realización de esta investigación.

“El interés general debe primar sobre el interés particular, el justo reparto de la riqueza creada por el trabajo debe primar sobre el poder del dinero.” Stéphane Hessel.

“...toda persona que lucha por la justicia, que busca reivindicaciones justas en un ambiente injusto, está trabajando por el Reino de Dios”. Óscar Arnulfo Romero y Galdámez

“El peor analfabeto es el analfabeto político, No oye, no habla, no participa de los acontecimientos políticos. No sabe que el costo de la vida, el precio del poroto, del pan, de la harina, del vestido, del zapato y de los remedios, dependen de decisiones políticas. El analfabeto político es tan burro que se enorgullece y ensancha el pecho diciendo que odia la política. No sabe que de su ignorancia política nace la prostituta, el menor abandonado, y el peor de todos los bandidos que es el político corrupto, mequetrefe y lacayo de las empresas nacionales y multinacionales.” Bertolt Brecht

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Oscar Rojas López
Fecha de nacimiento	13 de abril de 1982
Lugar de nacimiento	México, Distrito Federal
No. Cartilla militar	5403343
CURP	ROLO820413HDFJPS08
Profesión	Médico Veterinario Zootecnista
Cédula profesional	5619894

Desarrollo académico

Bachillerato:	Escuela Nacional Preparatoria N°1 "Gabino Barreda" Universidad Nacional Autónoma de México.
Licenciatura:	Médico Veterinario y Zootecnista, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
Maestría:	Maestro en Ciencias en Innovación Ganadera Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo.

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La ovinocultura mexicana está parcialmente estratificada en la producción de corderos de sistemas extensivos y la engorda en sistemas intensivos. Los sistemas extensivos de producción de corderos tradicionales están basados en el pastoreo trashumante y se caracterizan por su baja rentabilidad económica, parámetros reproductivos y productivos bajos y una elevada mortalidad, lo que limita el incremento de la productividad del sector (De Lucas *et al.*, 1993).

Ante el incremento de los costos de granos y concentrados, en años recientes los productores medianos y grandes de ovinos del país han desarrollado sistemas intensivos de cría en praderas de riego ya sea de una sola especie o asociaciones de gramíneas y leguminosas, complementando con concentrados, heno o ensilado (De Lucas *et al.*, 2003).

Las praderas y su cosecha por pastoreo constituyen una opción favorable para la factibilidad económica de las empresas ovinocultoras que practican la cría. La pradera es una fuente de alimento a precio competitivo frente a otras fuentes de alimentación y el pastoreo es una forma de cosecha de mínimo costo (Améndola, 2006).

Los rumiantes en sistemas de producción pastoriles obtienen la mayoría de sus requerimientos totales directamente del pastoreo. Sin embargo, la producción animal basada en pastoreo puede presentar una gran limitante ante un posible desequilibrio entre la oferta y la demanda de forraje, sobre todo cuando la carga animal se mantiene constante y la producción de forraje varía (Rattray *et al.*, 1987).

Para implementar sistemas eficientes de cría ovina en pastoreo intensivo de praderas templadas con riego, los productores deben disponer de indicadores

productivos. Algunos de éstos son la carga animal, rotación de potreros, productividad de praderas de diferentes edades y de otros recursos forrajeros, el valor nutritivo de los forrajes y suplementos, costo de producción de nutrimentos y costo unitario del producto final (González *et al.*, 2004). Gutiérrez *et al.* (2000) señalan que es importante que los productores dispongan de información precisa para hacer ajustes en el manejo de sus sistemas de producción animal y evitar tanto la subutilización como la sobrecarga de sus praderas. Como se indicó anteriormente, las experiencias en sistemas intensivos de cría ovina en pastoreo son relativamente recientes, por lo que la información disponible es aún escasa.

Ante la carencia de información en sistemas de producción intensiva de ovinos en pastoreo, el objetivo del presente estudio fue generar indicadores productivos de cría ovina en praderas irrigadas de clima templado.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistemas de cría ovina en pastoreo en clima templado

2.1.1 Fundamentos de los sistemas de producción en pastoreo

La mayoría de los rumiantes domésticos en sistemas de producción basados en pastoreo obtienen sus nutrientes parcial o totalmente de los forrajes. La característica principal de estos sistemas es su bajo costo de producción, debido principalmente a que el forraje pastoreado es la fuente de nutrientes más barata (Améndola, 2006).

De acuerdo a Arriaga *et al.* (1999) las principales de las ventajas de los sistemas de producción en pastoreo son: i) las deyecciones regresan directamente a las praderas eliminando los costos de acarreo y distribución, ii); se evitan los costos del corte, conservación y acarreo de forraje, la limpieza constante de las instalaciones y el manejo de las excretas, iii) se requiere poca inversión en instalaciones, maquinaria y equipo para la alimentación de los animales, y iv) son menores los costos de operación.

Una de las consideraciones que deben tomarse en cuenta al planificar sistemas de producción en pastoreo es la de la falta de persistencia de las praderas. Las praderas no pueden considerarse como permanentes, ya que en su mayoría, forman parte de un sistema de rotación de cultivos o han sido establecidas en áreas que también se utilizan para otros cultivos agrícolas y su permanencia depende principalmente de consideraciones económicas (Freer, 2002).

2.1.2 Integración de la agricultura y la ganadería

Russelle *et al.* (2007) señalan que existe un renovado interés en la integración de la agricultura y ganadería, a pesar de que de acuerdo a Ray y Schaffer (2005; citado por Russelle *et al.*, 2007) en los países desarrollados la especialización de la agricultura durante las últimas seis décadas ha conducido a la prevalencia de empresas dedicadas exclusivamente a la agricultura y otras a la ganadería. Al respecto, Caballero (2001) ejemplifica que en los países del mediterráneo, si bien la integración de la agricultura y ganadería tiene beneficios económicos, sociales y ambientales, en la realidad es muy bajo el grado de integración entre ovinocultura y agricultura ya que sólo 20% de los agricultores tienen ovejas y 80% de los productores de ovinos no tienen tierra. En contraparte, Entz *et al.* (2005) indican que la integración de la producción animal y la producción de cultivos se presenta de distintas maneras en diferentes partes del mundo. Sulcy Tracy (2007) señalan que los beneficios de esta integración están dados por que los cultivos producidos en la unidad de producción pueden ser utilizados para alimentar al ganado y el estiércol puede ser una fuente de nutrientes; de esa forma se reduce la compra de insumos.

Existen beneficios adicional de los sistemas mixtos; por ejemplo Caballero, (2001) indica que la biomasa de residuos agrícolas es una fuente importante de alimento para el ganado ovino y especies de la fauna silvestre, además de que pueden ser utilizados para controlar malezas. Otros beneficios son la disminución de la erosión del suelo y de las pérdidas de nutrientes por lixiviación y por escorrentía, una mayor captura de carbono y la interrupción de los ciclos de los insectos y las enfermedades (Sulc and Tracy, 2007). Finalmente, Anderson y Schatz (2002; citados por Thiessen and Entz, (2011) mencionan que para empresas mixtas en Dakota del Norte el aumento de los rendimientos netos van desde \$2500 a \$22000, y un aumento de casi \$9000 dólares en el patrimonio neto en comparación con las empresas especializadas.

Cuando se utilizan praderas de leguminosas, éstas fijan hasta 240 kg de N año⁻¹, además de contribuir al aumento de la estabilidad de los agregados y la

actividad microbiana del suelo (Ledgard, 2001). Por ejemplo, Améndola (2002) reportó suelos de la Universidad Autónoma Chapingo con 1.55% de materia orgánica (MO); luego de varios años de rotación de praderas de leguminosas con cultivos forrajeros, para los mismos suelos Améndola-Massiotti *et al.* (2011) reportaron 2.49% de MO. La inclusión de leguminosas en la rotación de cultivos reduce las pérdidas de N, en comparación con cultivos anuales, por lo que también se reducen las necesidades de utilizar fertilizantes nitrogenados en los cultivos subsecuentes; de esa forma disminuyen los costos de los insumos, la demanda de energía y los impactos ambientales de la agricultura (Rochon *et al.*, 2003)

No obstante, las ventajas de sistemas de producción en pastoreo y sistemas mixtos de agricultura y ganadería, la pérdida de nutrientes en estos sistemas constituye una de sus desventajas. En su revisión sobre el tema para el caso de Nueva Zelanda, Menneer *et al.*, (2004) indican que una práctica común en los sistemas mixtos es el pastoreo de rastros, lo que, contribuye al aumento de la lixiviación de nitrógeno por la orina de los animales. Los autores citan que las pérdidas anuales por lixiviación de los nitratos en sistemas de ovinos en pastoreo fluctúa entre 6 y 66 kg N ha⁻¹ año⁻¹, las cuales son menores que las que ocurren en pastoreo de bovinos debido a que i) los ovinos tienen una vejiga de menor tamaño relativo por lo que orinan a menudo y en pequeños volúmenes, con lo que se distribuye mejor el retorno de N, y ii) los sistemas de ovinos son más extensivos y por tanto el uso de fertilizantes nitrogenados es menor. A su vez reportaron que el corte y acarreo de forraje o el pastoreo restringido redujeron en 50 a 60% la lixiviación (de 28 a 14 kg de N ha⁻¹) cuando los animales se encerraron por cuatro meses a finales de otoño-invierno; por otra parte la suplementación con alimentos bajos en nitrógeno o la reducción de la carga animal (opción no viable económicamente) también disminuyeron la lixiviación del nitrógeno.

De acuerdo a Améndola-Massiotti *et al.* (2011) las pérdidas totales de nitrógeno inorgánico (N-NO₃⁻+N-NH₄⁺) por lixiviación cuantificadas en el quinto año de

una pradera mixta bajo pastoreo bovino en condiciones de clima templado de fueron del orden de $29 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Las praderas mixtas de leguminosas y pastos en su rotación con cultivos mejoran las propiedades del suelo y aunque los grandes aportes de N ($100\text{-}300 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) se producen a través de la fijación de N_2 , el problema radica en el tiempo que duran éstas ya que las pérdidas por lixiviación de nitratos son altas después del roturar el suelo para sembrar los cultivos de la rotación (Haynes and Francis, 1990). En los cultivos mixtos que incluyen la producción de hortalizas en Nueva Zelanda, las pérdidas por lixiviación pueden llegar a $321 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, aunque son regularmente menores con fluctuaciones entre 80 y $292 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. El uso elevado de nitrógeno fertilizante nitrogenado (hasta $600 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), además de la adición de estiércol y los cortos periodos de crecimiento de las plantas, contribuyen a estas pérdidas (Williams *et al.*, 2003). Ese uso elevado de fertilizante se debe a que muchos productores no toman en cuenta el incremento en disponibilidad de nitrógeno originado en las grandes cantidades de residuos de la planta y raíces que quedan en el campo y en el nitrógeno correspondiente al fertilizante aplicado al cultivo anterior que fue inmovilizado por la microflora del suelo (Volke *et al.*, 1998).

Francis *et al.* (1998) señalan que la siembra de cultivos de cobertura en otoño e invierno, el agregado paja de cereales antes del barbecho y la utilización de siembra directa (labranza cero) pueden reducir la mineralización del N, y potencialmente reducir la lixiviación de los nitratos; otras alternativas para reducir esa lixiviación son la reducción de la fertilización nitrogenada en invierno y la colocación del fertilizante en forma dirigida o específica (bandas, hileras) y no de forma dispersa. Finalmente, el conocimiento de los patrones estacionales de crecimiento de las plantas, para que el nitrógeno sea aplicado en el momento en que las plantas estén creciendo vigorosamente y sean capaces de utilizar la mayor parte de nitrógeno aplicado, ayuda a disminuir la lixiviación (Menner *et al.*, 2004).

2.2 Requerimientos energéticos de ovinos en pastoreo

La energía es el principal requerimiento nutricional, debido a que la energía total necesaria supera cuantitativamente los otros requerimientos y después del agua es el requerimiento que más rápidamente compromete la salud de los animales (McDonald *et al.*, 1999).

2.2.1 Eficiencia de la energía metabolizable

McDonald *et al.* (1999) indican que la eficiencia con la que se utiliza la energía metabolizable (EM) varía de acuerdo a las diferentes funciones a las cuales se va a destinar, por lo tanto los alimentos tienen valores distintos de energía neta de acuerdo a la función a la que se destinen; esas eficiencias (k) pueden variar entre 10 y 90% de la EM (NRC, 1985). De acuerdo a CSIRO (2007), la EM se utiliza con mayor eficiencia para el mantenimiento (km), y menor eficiencia para el crecimiento y engorda (kg), la lactancia (kl) y la gestación o concepción (ky). Por lo tanto, los valores de energía neta de los alimentos para mantenimiento (ENm), energía neta para lactación (ENl), energía neta para ganancia de peso (ENg) y energía neta para gestación (ENy) se pueden calcular multiplicando la EM por la eficiencia de cada una de las funciones, respectivamente. Al respecto, partir de una investigación en la que se tomaron en cuenta los valores de energía metabolizable de los alimentos, Garret (1980) propuso ecuaciones para calcular ENm (Ecuación 1) y ENg (Ecuación 2).

$$\text{ENm, Mcal/kg} = 1.37\text{EM} - 0.138\text{EM}^2 + 0.0105\text{EM}^3 - 1.12 \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\text{ENg, Mcal/kg} = 1.42\text{EM} - 0.174\text{EM}^2 + 0.0122\text{EM}^3 - 1.65 \quad \text{Ecuación (2)}$$

EM= energía metabolizable, Mcal/kg MS

De acuerdo con estas ecuaciones, ENm varía de 0.53 y 0.68 (con promedio 0.64) para alimentos de 1.8 a 3.2 Mcal EM/kg MS respectivamente; para esos mismos alimentos ENg varía entre 0.22 y 0.47 (con promedio 0.41). Por su parte, NRC (2000, 2001, 2007) asume que tanto en ovinos como en bovinos kl es similar a km, en tanto que ky varía entre 0.12 a 0.16 (promedio de 0.13) y por tanto es menor que las demás eficiencias.

2.2.2 Eficiencia en la pérdida y ganancia de peso en los rumiantes

En los sistemas de producción en pastoreo los animales experimentan periodos de escasez de alimentos ya sea en temporadas secas o frías (CSIRO, 2007). Los déficits de nutrientes también se presentan durante algunas etapas fisiológicas como en el último tercio de gestación o después del parto en que el consumo de energía no corresponde con los elevados requerimientos que se originan en la producción de leche (Komaragiri *et al.*, 1999). En esas situaciones, para producir o sobrevivir las hembras utilizan reservas almacenadas fundamentalmente en el tejido adiposo; la energía generada del catabolismo de la grasa y la proteína corporal se movilizan para soportar los requerimientos de nutrientes (NRC, 2001). Aunque la movilización de los tejidos corporales aporta energía para las funciones metabólicas del animal, la movilización excesiva puede conducir a problemas de salud tales como cetosis, toxemia de la preñez, además de pobres desempeños productivos (Komaragiri *et al.*, 1999).

La eficiencia del uso de la energía del tejido movilizado (reservas corporales) para el mantenimiento, así como otras funciones tales como la gestación, la lactancia, el crecimiento de la fibra no ha sido tan investigada como el uso de la energía proveniente de los alimentos (NRC, 2007). Según CSIRO (2007) la energía generada por la pérdida de peso vivo no se utiliza completamente y cita estudios en los que se ha estimado que los costos del proceso ascienden a 20% del total de energía proporcionada, vale decir que la eficiencia es 0.8. Cannas *et al.* (2004) indican el mismo valor de eficiencia para la movilización de reservas durante la lactancia de borregas. Del mismo modo, NRC (2001) cita estudios realizados con borregas, vacas lecheras y bovinos de carne en los que se reporta que la eficiencia del uso de energía procedente de la pérdida de tejido corporal para utilizarla en funciones de producción de leche o mantenimiento varía entre 0.77 y 0.84 con una media de 0.80.

2.2.3 Requerimientos de energía para mantenimiento de ovinos en pastoreo

Dove (2010) menciona que la mayoría de las borregas del mundo obtienen sus requerimientos diarios a partir de los nutrientes de las praderas o los pastizales que pastorean. El manejo de los requerimientos nutricionales de estos animales en pastoreo es diferente que el de los animales en estabulación. De acuerdo a McDonald *et al.* (1999) existen dos tipos de requerimientos energéticos de mantenimiento, los gastos en metabolismo basal y los gastos adicionales referidos a movimiento (EAV) y termorregulación (ETC).

NRC (1985) reporta para metabolismo basal un coeficiente de 98 kcal EM kg^{.75} o 63 kcal ENm kg^{.75}, mientras que ARC (1980) reporta 54 kcal ENm kg^{.75}; la diferencia se debe que los investigadores ingleses desarrollan sus investigaciones en cámaras metabólicas con controles estrictos, mientras que los investigadores norteamericanos las realizan en condiciones muy parecidas a las de producción, en las que los animales están expuestos a la temperatura ambiental y realizan actividad similares a las que desarrollan los animales en corrales (ARC, 1980; NRC, 1985). El metabolismo basal depende de la edad de la borrega por lo que se agrega un factor de ajuste entre el nacimiento y 48 meses de edad (Ecuación 3); por otra parte también depende del sexo, por lo que en el caso de los machos se adiciona 15% (ARC,1980).

$$\text{ENm, kcal día}^{-1} = (77.34 - 5.77) (\ln X) \text{ PV}^{.75} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

PV= peso vivo, kg

X= edad, meses (0 a 48).

El requerimiento energético para actividad voluntaria (EAV) se define como la energía utilizada por el animal para levantarse, pastorear, mantenerse parado, beber agua y acostarse (McDonald *et al.*, 1999). En los estudios ingleses en los

que las determinaciones se realizan con actividad mínima del animal, para considerar el costo de estas actividades normalmente se agrega 10% a los requerimientos energéticos de metabolismo basal (ARC, 1980). En el caso de los estudios norteamericanos para ganado en corral, no se agrega ningún valor, excepto para ganado lechero, el cual tiene que realizar mayor actividad al trasladarse a la sala de ordeña (NRC, 2001).

En el caso de ovinos en pastoreo es necesario considerar los gastos originados por los desplazamientos ya que en el establo el animal no tiene que moverse en busca de alimento. Estos costos pueden ser hasta 100% superiores a los de animales en confinamiento, en función de la distancia recorrida, el peso del animal y la topografía del terreno (Lachica y Aguilera, 2005).

Existen diferentes enfoques para estimar los requerimientos de energía metabolizable para pastoreo. De acuerdo a CSIRO (2007) deben tomarse en cuenta el consumo de materia seca excluyendo el alimento suplementario, la digestibilidad de la materia seca, la disponibilidad de forraje fresco ($t\ MS\ ha^{-1}$), la carga animal ($animales\ hectárea^{-1}$), la distancia recorrida y la pendiente del terreno donde pastorean los animales. Por su parte NRC (1981) recomienda agregar a los requerimientos de mantenimiento 25% para pastoreo ligero, 50% en praderas semiáridas y terrenos con poca pendiente y 75% en caso de que los animales caminen largas distancias y que exista escasa vegetación o sea pastoreo trashumante. En algunas investigaciones se opta por estimar los requerimientos con base en mediciones de desplazamientos de los animales, para ello se usan las ecuaciones 4 y 5 reportadas por ARC (1980).

Desplazamiento horizontal, $kcal \cdot d^{-1} = 0.00062 \cdot PV \cdot m$ Ecuación (4)

Desplazamiento vertical, $kcal\ d^{-1} = 0.0069 \cdot PV \cdot m$ Ecuación (5)

Donde:

m= metros recorridos

2.3 Consumo de forraje por ovinos en pastoreo

La adecuada nutrición de los ovinos depende de cuatro factores básicos; los requerimientos del animal, el contenido de nutrientes, la digestibilidad del alimento y el consumo voluntario. El consumo voluntario de alimentos se define como la cantidad de materia seca consumida por un animal o grupo de animales cuando se les ofrece alimento en exceso durante un período determinado de tiempo (McDonald *et al.*, 1999).

En animales estabulados, los estímulos metabólicos y físicos son los factores principales que modifican el consumo voluntario de forraje (Freer, 2002). Sin embargo, en el caso de los animales en pastoreo los principales factores asociados con la regulación del consumo son las dificultades de cosecha (Rattray, *et al.*, 1987), y el principal obstáculo para satisfacer su adecuada nutrición es la carencia de adecuadas estimaciones de la cantidad y el valor nutritivo de la dieta que consumen, ya que la variación es mayor y menos predecible (CSIRO, 2007; NRC, 2007 ; Dove, 2010).

Existen diversas formas de expresar el consumo de alimento de los animales en condiciones de pastoreo, comúnmente se le expresa en kilogramos de (MS) por animal y generalmente durante un periodo de 24 horas ($\text{kg MS animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$). Sin embargo, también se le expresa en función del peso vivo (% PV o gMS/PV) o del peso metabólico ($\text{gMS/PV}^{0.75}$) (Decruyenaere *et al.*, 2009).

2.3.1 Factores que modifican el consumo de ovinos en pastoreo

El consumo de alimento de animales en pastoreo depende del consumo potencial derivado de los atributos del animal y del consumo relativo dado por la restricciones impuestas por: i) la composición química del alimento sobre las tasas de digestión y pasaje y ii) las características de la pradera a la capacidad del animal para cosechar el forraje (CSIRO, 2007).

Consumo potencial

El consumo potencial depende de factores ligados al animal; la especie, raza, edad, peso, estado fisiológico y la carga animal (Dove, 2010).

Como ejemplo del efecto de raza sobre el consumo por kg de peso metabólico, Castañeda *et al.* (2005) reportan que en un estudio realizado en México el consumo de borregas Rambouillet ($0.1422 \pm 0.013 \text{ kg PV}^{0.75}$) fue mayor ($P=0.0208$) que el de borregas Suffolk ($0.1045 \pm 0.016 \text{ kg PV}^{0.75}$).

El consumo de materia orgánica digestible (MOD) depende del estado fisiológico de las borregas (secas, gestantes o lactantes), debido a diferencias en las eficiencias de la energía consumida entre producción de tejido fetal y de leche (NRC, 2007). Al respecto, Treacher and Caja (2002) reportan que las borregas en lactancia consumen hasta 60% más alimento por kg de peso metabólico que las borregas gestantes o en mantenimiento. CSIRO (2007) indica que durante las últimas etapas de gestación, el crecimiento del embrión implica un aumento exponencial de los requerimientos de energía. Sin embargo, el espacio ocupado por el embrión en la cavidad abdominal restringe la capacidad de llenado del rumen-retículo, lo que impide que el incremento en requerimientos se manifieste en aumento del consumo; la disminución del consumo voluntario que se observa unos días antes del parto está probablemente relacionada con cambios endocrinológicos.

Las infestaciones parasitarias incluso en casos subclínicos, disminuyen el consumo de animales en pastoreo hasta en 50% (Coop and Sykes, 2002).

Con relación a los efectos del clima sobre el consumo, CSIRO (2002) reporta que en un estudio se alimentó a corderos con una dieta óptima pero con diferentes temperaturas ambientales se detectaron tres zonas de respuesta al cambio térmico, i) una zona de neutralidad térmica entre aproximadamente 5 °C y 30 °C, ii) otra de baja temperatura en la cual el consumo de energía aumentó debido a necesidad de energía para mantener la temperatura corporal y iii) otra

por encima de 30 °C, en la cual el consumo se redujo drásticamente, debido a la necesidad de disipar el calor.

Consumo relativo

El consumo relativo o proporción del consumo potencial que puede ser satisfecha por el pastoreo es el producto de dos factores: la estructura de la pradera (facilidad de aprehensión) y la calidad (tasas de digestión y pasaje).

Calidad del forraje

La calidad se refiere atributos físicos y químicos del forraje que afecten la velocidad del consumo directamente a través del tiempo dedicado a la selección de bocados por parte de los ovinos e indirectamente a través de la tasa media de retención de partículas en el tracto digestivo (Ungar, 1996).

La regulación de la ingesta aparece mediada por diferentes señales, bajo la forma de metabolitos y hormonas, emitidas por el sistema nervioso central y los órganos periféricos como el hígado, el páncreas, tracto intestinal, que puede considerarse como mediadores del apetito (CSIRO, 2007). Por otro lado, los contenidos altos de fibra y baja energía digestible, contenidos de proteína cruda menores a 8% (característicos de forrajes tropicales) están asociados con señales vinculadas a los niveles de distensión ruminal (Ungar, 1996).

Masa y estructura del forraje

La distribución de la masa de forraje en el espacio afecta la velocidad de consumo a través de los mecanismos de recolección de alimentos (Ungar, 1996). Penning *et al.* (1995) consideran que para la productividad del pastoreo los principales factores limitantes son aquellos vinculados con el comportamiento ingestivo y éste es resultado del producto de tres variables; del peso del bocado (g), tasa de bocados (número minuto⁻¹) y el tiempo de pastoreo por día (h día⁻¹); entre ellos, el componente más importante es el peso del bocado.

El peso del bocado modifica el consumo de forraje ya que cuando disminuye, los animales pueden compensar mecánicamente incrementando la tasa de bocados y voluntariamente aumentando el tiempo de pastoreo. Sin embargo, estas compensaciones son parciales, por lo que el consumo se reduce; más aún frente a reducciones drásticas en el peso de bocados, también declinan la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo (Hodgson, 1990). De acuerdo a Ungar (1996), los factores que afectan el peso del bocado están relacionados entre sí ya que son la masa de forraje, la altura de la pradera y la densidad de hojas; en la medida que los valores de estos atributos aumentan, incrementa de forma asintótica el peso del bocado, como consecuencia también aumenta el consumo diario de forraje y por ende mejora el desempeño productivo de los animales.

La estructura de la pradera, relacionada con su composición botánica puede influir en el consumo en pastoreo de los ovinos; las partículas de leguminosas forrajeras son reducidas por la masticación en partículas más pequeñas con mayor rapidez que las de gramíneas, por lo que el tiempo dedicado a la aprehensión y masticación se reduce con la posibilidad de aumentar la tasa de bocados (Decruyenaere *et al.*, 2009)

La restricción del tiempo del pastoreo

El consumo total diario de forraje está relacionado con el tiempo total en que los animales pastorean en el día; el tiempo de pastoreo de ovinos y bovinos fluctúa entre 6 y 12 horas diarias dependiendo de las condiciones de la pradera, a las peores condiciones corresponden los mayores tiempos de pastoreo (Hodgson, 1990). Por otra parte, cuando las borregas aumentan sus requerimientos (primeras semanas de lactación) o cuando se reduce la disponibilidad de forraje (invierno), se presenta una compensación con un mayor número o duración de episodios de alimentación, aumentando la tasa de bocados o la selección hacia forraje con alta calidad nutritiva (Iason *et al.*, 1999).

lason *et al.* (1999) reportan que la restricción en el tiempo de acceso de borregas a las praderas (y por tanto el tiempo de pastoreo), puede tener o no efectos adversos sobre el consumo en función de la altura de la pradera. En el caso que la altura de la pradera fue restrictiva, la reducción del tiempo de acceso condujo a limitar el consumo a pesar de aumentos en el peso del bocado. Sin embargo en condiciones de buena altura de la pradera una reducción de 33% en el tiempo de acceso a pastoreo no afectó el consumo.

2.4 Estimación del consumo de forraje en pastoreo

Existen diversos métodos para medir el consumo; sin embargo, sus resultados presentan gran variabilidad entre sí, siendo mayores las diferencias cuando se suplementa a los animales (Macon *et al.*, 2003). El método basado en las mediciones de las masas de forraje ofrecido y residual se utiliza más frecuentemente para sistemas de pastoreo rotacionales (Macon *et al.*, 2003; Smit *et al.*, 2005); su empleo en condiciones de pastoreo continuo resulta más complejo (Lantinga *et al.*, 2004). Baker (2004) y Smit *et al.* (2005) describen las técnicas para estimar consumo basadas en el desempeño de los animales.

2.4.1 Estimación del consumo basada en muestreo de forraje

Las técnicas de estimación del consumo basadas en la diferencia entre la masas de forraje ofrecido y residual parten de la base que el componente fundamental de esa diferencia es el forraje consumido por los animales (Lantinga *et al.*, 2004). Esta técnica proporciona estimaciones fiables del consumo en pastoreo en los casos en que los períodos de ocupación son cortos y el forraje consumido debe representa una alta proporción del forraje ofrecido (Macon *et al.*, 2003). La precisión de este método depende principalmente en la metodología del muestreo y en el seguimiento preciso del protocolo para evitar la adición de errores a las mediciones (Decruyenaere *et al.*, 2009).

Una de las limitaciones de esta técnica radica en que el número de muestras requerido es alto y por lo tanto resulta costosa; al respecto, Lantinga *et al.* (2004) recomiendan que las estrategias de muestreo se acompañen con algún

tipo de estratificación que permita reducir el número de muestras sin perjuicio de la precisión. De acuerdo a Smit *et al.* (2005) y Ferri *et al.* (2008) otras desventajas de estos métodos se originan en la subestimación del consumo de forraje debido al crecimiento de la pradera durante el período de ocupación pastos, la variabilidad entre determinaciones, y la imposibilidad de obtener estimaciones de consumo individual.

2.4.2 Estimación del consumo basada en el desempeño de los animales

El método de estimación de consumo basada en el desempeño de los animales también es conocido bajo el nombre de cálculo en reversa. El fundamento del método se basa en la hipótesis que el desempeño productivo de los animales es reflejo de la ingesta de energía y esta puede conocerse a partir del conocimiento acerca de sus requerimientos nutricionales (Macon *et al.*, 2003; Smit, 2005).

Según, Baker (2004) la precisión de esta técnica depende de la utilización correcta de las normas de la energía (evaluación energética de los alimentos, partición, eficiencias de utilización) y la capacidad para medir con adecuadamente el desempeño animal. Macoon *et al.* (2003) indican que la ventaja de este método su bajo costo pero su desventaja radica en la necesidad de determinar con exactitud los requerimientos de los ovinos; en muchas veces no se toman en cuenta los requerimientos para desplazamiento y otras actividades.

2.4.3 Carga animal

El manejo inadecuado de la carga animal puede manifestarse en reducción de la proporción de especies deseables en la pradera y deterioro del desempeño animal, lo que genera disminución en la rentabilidad y la sustentabilidad del sistema (Farquharson, 2009). Los ovinos en pastoreo basan su alimentación en el forraje, por lo que el principal objetivo es maximizar la producción y el consumo de forraje de alta calidad a través del año; para ello, la regulación de la carga animal y el control de la frecuencia e intensidad del pastoreo son

fundamentales (Animut *et al.*, 2005). Sin embargo, en los sistemas de producción ovina en pastoreo, al considerar variaciones en la carga animal, los objetivos frecuentemente se definen con base en la producción animal por hectárea y no en la producción individual, en esas condiciones el consumo de las borregas puede verse limitado (Farquharson, 2009).

La carga animal se define como el número de animales en una determinada área durante un determinado periodo de tiempo, generalmente se expresa como unidades animales por unidad de superficie (Animut *et al.*, 2005). Sin embargo, debido a que los animales en una unidad de producción difieren en sus requerimientos de consumo de forraje, para el análisis comparativo dentro de la unidad de producción o entre unidades de producción es necesario definir un equivalente que permita convertir todas las categorías a una sola unidad animal. La Borrega Equivalente permite hacer conversiones en un cuadro de equivalencias para traducir las necesidades de cualquier tipo de ganado a una misma escala. Bayer (2011) menciona que el Borrega Equivalente puede construirse a partir de los requerimientos de energía diarios de los borregos dependiendo de la etapa fisiológica.

2.5 Praderas mixtas de alfalfa y gramíneas en México

La alfalfa se siembra en el norte y centro de México, y en los valles centrales de Oaxaca en el sur de México, la producción de materia seca ($t\ ha^{-1}a\tilde{no}^{-1}$) para las asociaciones con distintas variedades de alfalfa y gramíneas fluctúa entre 29.3 y 33.7 para praderas localizadas en Chapingo, Edo. de México, y de 9.83 a 11.45 en Oaxaca. Estos resultados son similares a los promedios de $t\ MS\ ha^{-1}a\tilde{no}^{-1}$ reportados por Améndola *et al.*, (2005) de 10.8, 24.9 y 33.7 para rendimientos bajos, medios y altos, respectivamente con diferentes variedades, técnicas de riego y asociaciones.

Las características nutritivas de las praderas mixtas reportadas son; i) 21.9 ± 0.6 promedio de MS, ii) un alto contenido de PC (23.5%), iii) valores promedio de 35% de FDA y 50% para FDN y un promedio de $1.59 \pm 0.03\ Mcal\ kg^{-1}\ MS$ de

ENI. La producción de la materia seca de las praderas mixtas tiene un crecimiento estacional, este comportamiento se atribuye a los efectos de temperatura, horas luz y lluvias, Améndola *et al.*, (2005) indican que un 60 por ciento del crecimiento tiene lugar en primavera y verano y 40 por ciento durante otoño e invierno. Améndola (2002) indica un tiempo de vida en un buen estado para praderas mixtas de 4 a 5 años, y reporta que para praderas 1º, 2º y 3º año tienen una reducción en rendimiento de 11.6; 28.0 y 33.3% respectivamente.

2.6 El uso de forraje de especies del género *Brassica*

En los sistemas agrícolas de clima templado del mundo se usan como alimento para rumiantes, especies forrajeras del género *Brassica* (coles, nabos, coliflor), que contienen inhibidores metabólicos tales como glucosinolatos y S-metil cisteína sulfóxido (SMCO), compuestos que sirven de mecanismos de defensa de la planta (Genever, 2011). El consumo de *Brassicac*s por los ovinos disminuye el consumo de materia seca, esto se atribuye al llenado físico del rumen por la alta cantidad de agua y la disminución de la función ruminal por el bajo contenido de fibra. Además los inhibidores metabólicos pueden afectar la salud de los animales al obstaculizar la función tiroidea o causar anemia (Cassida *et al.*, 1994).

En varios estudios se ha disminuido el porcentaje de inclusión de forraje de *Brassica* en las dietas para disminuir los efectos antes descritos; Lambert *et al.*, (1987) citan que en borregos el consumo máximo de materia seca fue con 70% de col en la dieta y el resto de henos de gramíneas (Orchard), pero recomiendan incluir el 18% de henos para la máxima productividad y 40% para disminuir el costo de la dieta debido a los altos costos de la coliflor.

Finalmente, en los últimos años en investigaciones con animales, los nitrilos han mostrado ser relativamente más tóxicos que los isotiocianatos y tiocianatos, ya que pueden deprimir el crecimiento, causar daño al hígado y lesiones en los riñones, y en casos severos pueden producir necrosis hepática, hiperplasia del

conducto biliar y megalocitosis del epitelio tubular en el riñón (Valle y Lucas, 2000).

2.7 Literatura citada

- Améndola M., R. D. 2002. A dairy system based on forages and grazing in temperate México. Tesis Doctoral, Wageningen Universiteit, The Netherlands. 269 p.
- Améndola, R., E. Castillo, and P. A. Martínez. 2005. Country Pasture/Forage Resource Profiles. Mexico. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Counprof/mexico/Mexico.htm>. Consultada el día 13 de junio 2012.
- Améndola, R. 2006. Manejo y rentabilidad de ovinos en praderas templadas. <http://www.rumela.gob.mx/modules.php?name=News&file=article&sid=440>. Consultada el día 13 mayo de 2012.
- Améndola-Massiotti, R., I. Cach-Gómez, E. Álvarez-Sánchez, I. López-Cruz, J. Burgueño-Ferreira, P. Martínez-Hernández, y D. Cristóbal-Acevedo. 2011. Balance de nitrógeno en maíz forrajero con diferente fertilización y fase de rotación con praderas. *Agrociencia* 45: 177-193.
- Animut, G., A. L. Goetsch, G. E. Aiken, R. Puchala, C. Detweiler, R. Krehbiel, C. Merkel, C. T. Sahl, L. J. Dawson, Z. B. Johnson, and T. A. Gipson. 2005. Grazing behavior and energy expenditure by sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research* 59: 191-201.
- ARC (Agricultural Research Council) 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. 2nd Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough. England. 351 p.
- Arriaga J., C., A. Espinoza O., B. Albarrán P., y O. Castelán O. 1999. Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central. *Ciencia Ergo Sum* 6(3): 290-300.
- Baker, R. D. 2004. Estimating herbage intake from animal performance. *In: Herbage Intake Handbook*. 2^a ed. Penning, P. (ed.) The British Grassland Society. UK. pp: 96-120.
- Bayer, W. 2011. Equivalente oveja, oveja patagónica y equivalente vaca. Sitio de la producción animal. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/112-EQUIVALENTE_OVEJA.pdf. Consultada el día 23 de marzo 2012.
- Caballero, R. 2001. Typology of cereal-sheep farming systems in Castile-La Mancha (south-central Spain). *Agricultural Systems* 68: 215-232.

- 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. *Journal of Animal Science* 82: 149-169.
- Cassida K., A., B. Barton A., R. Hough L., M. Wiedenhoeft H., y K. Guillard. 1994. Feed intake and apparent digestibility of hay-supplemented brassica diets for lambs. *Journal of Animal Science* 72: 1623-1629.
- Castañeda N., Y., S. E. Buntinx D., R. B. Angulo M., y R. R. Martínez. 2005. Efecto de la raza de ovejas lactantes, en el consumo voluntario, en pastoreo. *Veterinaria México* 36: 41-52.
- Coop, R.L. and A. R. Sykes. 2002. Interactions between Gastrointestinal Parasites and Nutrients. *In: Sheep Nutrition*. (eds. Freer, M. and H. Dove). CABI Publishing in association with CSIRO Publishing. Australia. pp. 317-318.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO Publishing. Australia. 296 p.
- De Lucas, T. J., A. Arbiza S., y L. P. Martínez. 1993. Los sistemas trashumantes de producción ovina en Xalatlaco Estado de México. II parámetros reproductivos. *In: Memorias del VI Congreso Nacional de Producción Ovina*. AMTEO. 12 al 14 de mayo. Ciudad Valles, San Luis Potosí, México.
- De Lucas T., J., L. A. Zarco Q., E. González P., J. Tórtora P., A. Villa-Godoy., C. P. Vásquez. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Veterinaria México* 34: 235-245.
- Decruyenaere, V., A. Buldgen, and D. Stilmant. 2009. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 13: 559-573.
- Dove, H. 2010. Balancing nutrient supply and nutrient requirements in grazing sheep. *Small Ruminant Research* 92: 36-40.
- Entz M., H., W. Bellotti D., M. Powell J., S. Angadi V., W. Chen, K. Ominski H., and B. Boelt. 2005. Evolution of integrated crop-livestock production systems. *In: Grassland: A Global Resource* (ed., McGilloy A., D.). Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. pp: 137-149.
- Farquharson, B. 2009. A whole farm approach to planned animal health and production for sheep clients in Australia. *Small Ruminant Research* 86: 26-29.
- Ferri M., C., N. Stritzler P., M. Brizuela. A., H. J. Pagella. 2008. A comparison of four techniques to estimate forage intake by rams grazing on a *Panicum coloratum* L. pasture. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68: 248-256.

- Francis, G. S., K. M. Bartley, F. J. Tabley. 1998. The effect of winter cover crop management on nitrate leaching losses and crop growth. *Journal of Agricultural Science* 131: 299-308.
- Freer, M. 2002. The Nutritional Management of Grazing Sheep. *In: Sheep Nutrition*. (eds. Freer, M. and H. Dove). CABI Publishing in association with CSIRO Publishing. Australia. pp. 360-361.
- Garret, W. N. 1980. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. *In: Energy Metabolism. Proceedings of the eighth Symposium on Energy Metabolism*. European Association for Animal Production, EAAP Publication N° 26. Churchill College, Cambridge. UK. 467 p.
- Genever, L. 2011. Using brassicas for better returns. Manual 6. Beef and Sheep. Edit. Better Returns Programme. http://www.eblex.org.uk/documents/content/returns/brp_brassicas_130411.pdf. Consultada el día 8 de abril de 2012.
- González A., S. X., H. Díaz S., R. López T., E. Aizpuru G., H. M. Garza C., y F. Sánchez R. 2004. Consumo, calidad nutritiva y composición botánica de una pradera de alfalfa y gramíneas perennes con diferentes niveles de asignación de forrajes. *Técnica Pecuaria en México* 42: 29-37.
- Gutiérrez C., J.M., M. Martínez G., y T. Ortiz C. 2000. Producción de carne de ovino en praderas de humedad residual en la zona templada de México. Edit. Campo Experimental Valle de Toluca INIFAP. México. 147 p.
- Haynes R., J., and G. S. Francis. 1990. Effects of mixed cropping farming systems on changes in soil properties on the Canterbury Plains. *New Zealand Journal of Ecology* 14: 73-82.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management Science into Practice*. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex, UK. pp: 65-75.
- Iason G., R., A. Mantecon R., D. Sim A., J. González, E, Foreman, F. Bermúdez F., and D. A. Elston. 1999. Can grazing sheep compensate for a daily foraging time constraint? *Journal of Animal Ecology* 68: 87-93.
- Komaragiri, V. S., D. P. Casper, and R. A. Erdman. 1999. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science* 81: 169-17.
- Lachica, M., y J. F. Aguilera. 2005. Energy expenditure of walk in grassland for small ruminants. *Small Ruminant Research* 59: 105-121.
- Lantinga, E. A., J. H. Neuteboom, and J. A. C. Meijis. 2004. Sward methods. *In: Herbage Intake Handbook*. (ed., Penning P.) 2^aed. The British Grassland Society. UK. 183 p.
- Lambert M., G., S. Abrams M., H. Harpster W., and G. A. Jung. 1987. Effect of hay substitution on intake and digestibility of forage rape (*Brassica napus*) fed to lambs. *Journal of Animal Science* 65: 1693-1646.

- Ledgard, S. F. 2001. Nitrogen cycling in low input legume-based agriculture, with emphasis on legume/grass pastures. *Plant and soil* 228: 43-59.
- MacDonald, P., J.F.D. Greenghalg, R.A. Edwards, y C. A. Morgan. 1999. *Nutrición Animal*. 5^a ed. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 576 p.
- Macon, B., L. E. Sollenberger, J. E. Moore, C. R. Staples, J. H. Fike, and K. M. Portier. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science* 81: 2357-2366.
- Menner, J. C., S. F. Ledgard, and A. G. Gillingham. 2004. Lands use impacts on nitrogen and phosphorus loss and management options for intervention. <http://www.boprc.govt.nz/media/34344/TechReports-040601-LandUsempactsNandPloss.pdf>. Consultada el día 13 de febrero de 2012.
- NRC (National Research Council). 1981. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy, and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries*. National Academy Press. Washington, D. C., USA. 100 p.
- NRC (National Research Council). 1985. *Nutrients Requirements of sheep*. 6^a ed. National Academy Press. Washington, D. C., USA. 99 p.
- NRC (National Research Council). 2000. *Nutrients Requirements of Beef Cattle*: 7^a ed. National Academy Press. Washington, D. C., USA. 232 p.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7^a ed. National Academy Press. Washington, D. C. USA. 408 p.
- NRC (National Research Council). 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. The National Academic Press. Washington, USA. 384 p.
- Penning, P. D., A. J. Parsons, R. J. Orr, A. Harvey, and R. A. Champion. 1995. Intake and behaviour responses by sheep, in different physiological states, when grazing monocultures of grass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science* 45: 63-78.
- Ratray, P. V., K. F. Thompson, H. Hawker, y R. M. W. Sumner. 1987. Pastures for sheep production. In: A. M. Nicol (Ed.) *Livestock Feeding on Pasture*: New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication No 10. Hamilton, New Zealand. pp. 89-103.
- Rochon, J. J., C. J. Doyle, J. M. Greef, A. Hopkins, G. Molle, M. Sitzia, D. Scholefield, and C. J. Smith. 2003. Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science* 59: 197-214.
- Russelle P., M., H. Entz, and J. A. Franzluebbers. 2007. Reconsidering integrated crop–livestock systems in North America. *Agronomy Journal* 99: 325-334.
- Smit, H. J., H. Z. Taweel, B. M. Tas, S. Tamminga, and A. Elgersma. 2005. Comparison of techniques for estimating herbage intake of grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88: 1827–1836.

- Sulc, R. M., and F. B. Tracy. 2007. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. *Agronomy Journal* 99: 335-345.
- Thiessen M., J. R., and H. M. Entz. 2011. Integrating green manure and grazing systems: A review. *Canadian Journal of Plant Science* 91: 81-824.
- Treacher, T. T., and G. Caja. 2002. Nutrition during lactation *In: Sheep Nutrition*. (eds. Freer, M. and H. Dove). CABI Publishing in association with CSIRO Publishing. Australia. pp: 213-236.
- Ungar E. D. 1996. Ingestive behavior. *In: The Ecology and Management of Grazing Systems* (eds J. Hodgson & A. W. Illius). CAB International, Wallingford, UK. pp. 185–218.
- Valle V., P., y F. B. Lucas. 2000. Toxicología de Alimentos. Edit. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Nacional de Salud Ambiental. México, D.F. 261 p. Consultada el día 8 de abril de 2012.
- Volke H., V., J. D. Etchevers B., A. Sanjuan R., y T. P. Silva. 1998. Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. *Terra Latinoamericana* 16: 79-91.
- Williams, P. H., R. J. Tregurtha, and G. S. Francis. 2003. Fate of urea applied to winter spinach in New Zealand. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67: 245-254.

3 INDICADORES PRODUCTIVOS DEL PASTOREO EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE CRÍA OVINA

3.1 Resumen

Con el objetivo de generar indicadores productivos de cría ovina en praderas irrigadas de clima templado, durante un año se registraron variables de animales, alimentación y praderas en la unidad de producción ovina comercial Rancho Xonecuila, en Huamantla, Tlaxcala. Las variables estimadas incluyeron consumo diario de materia seca, energía y proteína por las borregas, valor nutritivo de forrajes y suplementos, carga animal y productividad neta de las praderas. El consumo en praderas y la productividad neta de las mismas se estimó con muestreos de forraje pre y post pastoreo y con cálculos de requerimientos basados en desempeño animal. Los datos fueron analizados con estadística descriptiva; además, se analizó la asociación y concordancia entre métodos para estimar consumo y productividad. El área pastoreada fue 52 hectáreas dividida en dos predios y 4 praderas de diferente edad (1, 3, 4 y 5 años). Los promedios anuales de consumo diario de materia seca (kg) por borrega equivalente (BE) en esas praderas fueron 1.15 ± 0.28 , 1.04 ± 0.26 , 1.11 ± 0.23 y 1.10 ± 0.22 . La producción neta de forraje de las praderas fue alta y por esa razón soportaron elevadas cargas animal (entre 47 ± 31 y 100 ± 57 BE ha⁻¹ ciclo⁻¹). Este resultado se vincula con el uso de alimentos suplementarios durante el período invernal. La productividad, calidad nutricional, capacidad de carga y proporción de alfalfa de las praderas se redujeron con su edad. Los consumos de materia seca en el período invernal fueron bajos, lo que se asoció con marcadas pérdidas de peso vivo y condición corporal durante ese período. Este resultado es indicador de carga excesivamente alta. Los muestreos de forraje pre-y post- pastoreo para estimar de consumo de forraje y productividad de las praderas pueden ser sustituidos por el menos laborioso cálculo basado en desempeño animal.

Palabras clave: ovinos, pastoreo, *Medicago sativa*, carga animal, cría, clima templado.

PRODUCTION INDICATORS OF GRAZING IN A SHEEP BREEDING FARM

3.2 Abstract

With the objective of generating indicators of production in sheep breeding enterprises based on temperate irrigated pastures, variables of animals, feedstuffs and pastures were recorded during a year in the commercial sheep production Xonecuila Ranch in Huamantla, Tlaxcala. Estimated variables included daily consumption of dry matter, energy and protein per sheep, nutritive value of forages and supplements, stocking rate and net productivity of pastures. Herbage intake of sheep and net forage production of pastures was estimated using sampling of herbage on offer and residual herbage and also by the calculation of requirements based on animal performance. The data were analyzed with descriptive statistics; besides, also the degree of association and the consistency between methods to estimate consumption and productivity were analyzed. The grazed area consisted of 52 hectares divided into two paddocks and 4 grasslands of different ages (1, 3, 4 and 5 years). Annual averages of daily dry matter intake (kg) per ewe equivalent (EE) in these pastures were 1.15 ± 0.28 , 1.04 ± 0.26 , 1.11 ± 0.23 and 1.10 ± 0.22 . The forage net production of pastures was high, which was coupled with high stocking rate (between 47 ± 31 and 100 ± 57 EE ha⁻¹ cycle⁻¹.) This result was associated with the use of supplementary feeding during the winter. Productivity, nutritional quality, stocking rate and proportion of alfalfa in pastures decreased with increasing age. Dry matter intakes during winter were low, which was associated with marked loss of weight and body condition during that period. This result indicated that stocking rate was excessively high. Sampling of herbage on offer and residual herbage to estimate herbage intake and pasture productivity might be replaced by the less labor demanding calculation of requirements based on animal performance.

Keywords: sheep breeding, grazing, *Medicago sativa*, stocking rate, temperate climate.

Master of Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Oscar Rojas López

Advisors: Ricardo Daniel Améndola Massiotti, Ph.D. and Jorge Luis Tórtora Pérez, Dr.

3.3 Introducción

Las praderas manejadas en pastoreo constituyen una opción que permite implementar sistemas intensivos de cría ovina con bajo costo. Los rumiantes en sistemas pastoriles obtienen la mayoría de sus nutrientes del pastoreo; por esta razón pueden enfrentar dificultades ante desequilibrios entre oferta y demanda de forraje, particularmente durante las épocas de menor crecimiento de las praderas (Améndola, 2006). Para implementar sistemas eficientes de cría ovina en pastoreo intensivo de praderas templadas con riego, los productores deben disponer de indicadores productivos. Algunos de éstos son carga animal, rotación de potreros, productividad de praderas de diferentes edades y de otros recursos forrajeros, valor nutritivo de forrajes y alimentos suplementarios, costo de producción de nutrimentos y costo unitario del producto final (González *et al.*, 2004).

Dado que en los objetivos de los sistemas pastoriles se buscan compensaciones relativas entre el desempeño individual y la producción animal por hectárea muchas veces el consumo de las borregas se ve comprometido. De ahí que en estos sistemas sea importante contar con estimaciones sobre consumos de materia seca (MS), energía y proteína cruda (PC) de las borregas a través del año para identificar periodos críticos y con esa información diseñar alternativas de manejo (Farquharson, 2009). En este sentido, Freer y Dove (2002) señalan que es importante estimar las variaciones en las tasas de crecimiento de las praderas templadas para poder elaborar estrategias de alimentación anuales equilibrando oferta y demanda de alimento, utilizando otros recursos forrajeros o variando la carga animal.

Ante la carencia de información en sistemas de producción intensiva de ovinos en pastoreo (Améndola, 2006), el objetivo del presente estudio fue generar indicadores productivos de cría ovina en praderas irrigadas de clima templado.

3.4 Material y métodos

3.4.1 Localización

El estudio se llevó a cabo en el Rancho Xonecuila ubicado en Huamantla, Tlaxcala, México a 19° 20' 238" N, O 97° 50' 997" y 2420 msnm (Google Earth®, 2011). El clima de la zona es templado subhúmedo con lluvias de verano, la temperatura media anual es 13 °C con mínimas de - 4 °C y máximas de 28 ° C, la precipitación pluvial anual es 650 mm (García, 1988).

3.4.2 Descripción de la unidad de producción

El rancho Xonecuila cuenta con una superficie de 250 ha en las que se lleva a cabo un sistema de producción mixto, agrícola, hortícola y ganadero. Los cultivos hortícolas y agrícolas que se producen en diferentes momentos del año son coliflor, brócoli, maíz blanco, cilantro, calabaza, zanahoria y tomate; además, el rancho cuenta con invernaderos destinados a la producción de jitomate. La actividad pecuaria de esta unidad de producción consiste en la producción de corderos, reemplazos y sementales de la raza Columbia.

El rancho contó con un rebaño de aproximadamente 1,500 borregas, la base del sistema de alimentación fue pastoreo diurno (entre ocho y nueve horas) de praderas mixtas, los animales dispusieron adicionalmente de sales minerales y agua *ad libitum*. Por las tardes, luego del encierro vespertino, en los corrales se les ofreció alimentación suplementaria con diferentes residuos agrícolas (rastroy de maíz, rastroy de avena, zanahoria, coliflor) o pradera henificada en función de la disponibilidad de suplementos. La finalización de los corderos se realizó en estabulación con alimentación basada en granos.

Las praderas fueron de alfalfa (*Medicago sativa*) con pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y recibieron riego por aspersión con tres sistemas de pivote central. El área de praderas del rancho Xonecuila estuvo dividida en dos predios; Xonecuila y Atenco, subdivididos en 4 praderas llamadas Horno Xonecuila, Llorones (Xonecuila) y Horno Atenco e Iglesia (Atenco).

El número de sementales (35) se mantuvo constante a través del año, se conformaron grupos de animales para facilitar el manejo: i) borregas gestantes y lactantes, ii) borregas en “empadre”, y iii) borregas de reemplazo (“primas” de acuerdo a la denominación que reciben en el rancho). Por lo regular se manejaron cuatro grupos distribuidos entre los dos predios.

El pastoreo se organizó de acuerdo a los grupos de animales, cada cual con su respectivo pastor que se apoyó en la utilización de cerco eléctrico (malla). Para controlar timpanismo el procedimiento que emplearon los pastores fue el siguiente: i) luego de haber conducido los animales a las praderas aproximadamente a las 07:30, durante los primeros 10 a 15 minutos de pastoreo les permitieron acceso a una franja de pradera completamente fresca y aguardaron a que los animales consumieran el estrato superior del forraje, ii) a continuación durante aproximadamente una hora mantuvieron los animales en una franja de pradera que fue pastoreada intensamente el día anterior, iii) posteriormente a las 09:00 h los regresaron a la primera faja durante una hora iv) luego de ese lapso los retornaron a la faja previamente pastoreada; v) esta forma de operar se repitió otras dos o tres veces durante el día hasta que regresaron a los animales a los corrales aproximadamente a las 16:00.

3.4.3 Variables registradas

Al comienzo del período de estudio con base en imágenes satelitales (Google Earth®), se elaboró un plano del rancho con sus diferentes praderas de las cuales se estimaron sus áreas. Con frecuencia catorcenal durante 14 meses en las áreas pastoreadas se tomaron muestras de las masas de forraje ofrecido y residual, muestras de pastoreo simulado conocido como “handplucking” (Penning, 2004) y muestras de los alimentos suplementarios ofrecidos por las tardes en los corrales. Con la misma frecuencia por medio de un GPS (Garmin GPS MAP® 76 Cx) se registraron las coordenadas de las fajas de pradera pastoreadas durante 24 h; esas coordenadas se emplearon para calcular las áreas de pastoreo. Con el apoyo del software MapSource® de Garmin se registraron los días de descanso de las fajas de praderas.

Carga animal

La carga animal en diferentes praderas y con las diferentes categorías en cada ciclo de pastoreo se calculó cada 14 días, con base en registros de las áreas utilizadas, los números de animales y las correspondientes equivalencias. Para el cálculo de la carga animal por ciclo de pastoreo se empleó la Ecuación 6.

$$\text{Animales / ha / ciclo} = (\text{Animales / ha}) \times \frac{\text{Días de pastoreo}}{(\text{Días de pastoreo} + \text{Días de descanso previo})} \quad (6)$$

Para comparar datos de carga animal con diferentes categorías, se definió un “borrega equivalente” (BE) que se caracterizó como una borrega adulta de 70 kg de la raza Columbia, vacía y con cambios menores de peso vivo. Para los cálculos de las equivalencias se consideraron los requerimientos de energía en función de peso vivo y metas productivas que se estimaron empleando las ecuaciones descritas en el Cuadro 3.1, sus valores se reportan en el Cuadro 3.2.

Peso vivo y condición corporal

Los animales fueron pesados cada 28 días entre el 1 octubre 2010 y el 1 octubre 2011. A partir del inventario total de los animales del rancho identificados por medio de aretes del Sistema Nacional de Identificación Individual del Ganado, y con base en el pesaje inicial de 80 animales, se realizó un muestreo estratificado por categorías con el fin de que las estimaciones de pesos tuviesen una confiabilidad de 95%. El número total de animales incluido en esta muestra fue 95; posteriormente, por medio del mismo procedimiento se agregaron a esa muestra animales del grupo de hembras de reemplazo. Estas mediciones se realizaron a partir de las 07:30 h antes de que los animales salieran a pastorear. En los primeros 6 pesajes se utilizó una báscula digital con precisión de 1 kg True Test®, posteriormente se utilizó una báscula de reloj con precisión de 500 g con capacidad de 200 kg Feralpa®. Previo al cambio de instrumentos de pesaje se realizó una calibración mediante la cual se comprobó que sus mediciones eran similares ($r^2=0.9998$).

La condición corporal (CC) se midió en esos mismos animales cada 28 días con una escala de 1 a 5, mediante la técnica propuesta por Russel (1984).

Alimentos suplementarios ofrecidos en corral

Los días de muestreo, a las 07:00 se registraron los pesos de heno de pradera, rastrojo de maíz, zanahoria y brócoli ofrecidos a cada corral y a las 14:00 se registró el peso de sus residuos (“rechazos”). Posteriormente a las 15:00, se volvieron a pesar los alimentos ofrecidos y a las 06:30 del otro día sus respectivos residuales. Se calculó la diferencia entre pesajes y el resultado se dividió entre el número total de animales de cada corral para obtener una estimación del consumo promedio de alimento. Se tomaron muestras de todos los alimentos ofrecidos en los corrales, y se sometieron a análisis de composición nutricional.

Composición del forraje consumido

Las muestras tomadas de forraje tomadas con el método de pastoreo simulado fueron sometidas a análisis químico mediante procedimientos correspondientes a establecidos por A.O.A.C. (1990). Los análisis practicados fueron contenido de humedad (método 930.04) y proteína cruda ($PC = N \times 6.25$) por el método de Kjeldahl (método 955.04) y cenizas (Cen) por calcinación a 550°C (método 930.05). Asimismo se determinaron los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest, 1991).

Productividad neta de las praderas

Se calculó la productividad neta de forraje de las praderas por ciclo de pastoreo y anual; empleando simultáneamente dos metodologías: 1) el muestreo de forraje pre- y post- pastoreo (Lantinga *et al.*, 2004) y 2) la estimación del consumo de los animales por medio del desempeño animal, método también conocido como cálculo de requerimientos en reversa (Smit *et al.*, 2005).

Cuadro 3.1. Ecuaciones para estimar los requerimientos energéticos para las borregas en sus diferentes etapas fisiológicas y referencias.

Etapa	Componente	Ecuación	Referencia
Mantenimiento	Metabolismo de ayuno	ENm kcal d ⁻¹ = (77.34-5.7·LnX)·PV ^{0.75} PV= peso vivo, kg; X=edad, meses (0 a 48)	Derivada de ARC (1980).
	Gasto energético de pastoreo	Energía por actividad horizontal, kcal d ⁻¹ = 0.00062·PV·δ Energía por actividad vertical, kcal·d ⁻¹ = 0.0069·PV·δ δ= distancia, metros	ARC (1980).
	Producción de lana	ENg kcal día ⁻¹ = -0.60+11.68(PLS, kg año ⁻¹) PLS= producción de lana sucia	Derivada de ARC (1980).
Gestación		EN gest (Mcal día ⁻¹) = (36.9644·EXP(-11.465·EXP(-0.00643·T))- 0.00643·T)/(PC/4) T= tiempo, días; PC=peso de la camada, kg; ky= 0.133	Cannas <i>et al.</i> , 2004.
Lactación		ENm, kcal día ⁻¹ = 1100·PL; PL= producción diaria de leche, kg	ARC (1980)
	Simple	Producción de leche= 0.3321+0.00429(ganancia de peso, g día ⁻¹)	INRA (1981)
	Doble	El incremento de requerimientos por lactar gemelos es 33%	Geenty y Rattray (1987)
Crecimiento		ENg, Kcal día ⁻¹ = (0.5542+0.1164·PV) ·GDP	Derivada de ARC (1980)
		GDP=Ganancia diaria de peso (g)	

Cuadro 3.1 (continuación). Ecuaciones para estimar los requerimientos energéticos para las borregas en sus diferentes etapas fisiológicas y referencias.

Etapa	Componente	Ecuación	Referencia
Corderos		$ENm, Mcal=(0.070 \cdot PV^{.75})$; PV= peso vivo cordero	Derivado de ARC (1980)
		$ENm, Mcal kg^{-1} \text{ leche de borrega}=0.872$	
		$ENg, Mcal kg^{-1} \text{ leche de borrega}=0.654$	
		Producción de leche de Columbia=1.6 kg día ⁻¹ oveja ⁻¹ . ENg, kcal/día=(0.5542+0.1164·PV)·GDP(en función de leche de la oveja): el 36% de los requerimientos GDP de los corderos los aporta la leche materna, el restante el forraje. GDP de corderos Columbia= 267 g/día. ENg, kcal/día=0.5542+0.1164·PV(para cálculo del 64% correspondiente al forraje)	
Sementales	< 4 años	$ENg, kcal día^{-1}=276 \cdot GDP \cdot PV^{0.75}$	Derivado de ARC (1980)
	>4 años	$ENm kcal d^{-1}= ((77.34-5.7 \cdot \ln X)PV^{0.75}) \cdot 0.15$ X=edad, meses (0 a 48)	
Ganancia	de	1 kilogramo de ganancia de peso implica un costo de 5.7 Mcal EM.	AFRC (1990)
Pérdida	de	Cada kilogramo de pérdida de peso libera 4.8 Mcal EM	AFRC (1990)

Para la eficiencia de la energía metabolizable para mantenimiento y ganancia se utilizaron las siguientes ecuaciones $ENm=1.37 \cdot EM-0.138 \cdot EM^2+0.0105 \cdot EM^3-1.12$; $ENg=1.42 \cdot EM-0.174 \cdot EM^2+0.0122 \cdot EM^3-1.65$ respectivamente.

Cuadro 3.2. Borrega Equivalente y las equivalencias de distintas categorías y etapas fisiológicas de acuerdo a sus necesidades energéticas (EM, Mcal día⁻¹).

	EM, Mcal día ⁻¹	BE
Borrega Equivalente	2.23	1.0
Mantenimiento, 70 kg	2.23	1.0
Primalas, 40kg	2.54	1.1
Primalas, 50kg	2.64	1.2
Primalas, 60kg	3.38	1.5
Lactancia simple	4.85	2.2
Lactancia doble	5.67	2.5
Sementales > 4años	3.30	1.5
Sementales < 4 años	5.42	2.4
Gestación simple, 1 y 2 tercios	2.72	1.2
Gestación simple, 3 tercio	4.08	1.8
Gestación doble, 1y 2 tercios	3.12	1.4
Gestación doble, 3 tercio	5.58	2.5
Corderos 10 kg	0.46	0.2
Corderos 15 kg	0.91	0.4
Corderos 20 kg	1.17	0.5
Corderos 25 kg	1.34	0.6

Estimación de consumo basada en masas de forraje ofrecido y residual

Las masas de forraje ofrecido y residual se estimaron empleando una técnica directa de corte (Lantinga *et al.*, 2004); mediante muestreo sistemático, con un rectángulo de 1 m de largo por 0.50 m de ancho, se tomaron seis u ocho muestras por parcela (para praderas jóvenes o viejas respectivamente) cortadas a ras de suelo. Para estimar el contenido de MS del forraje, las muestras se pesaron con una báscula digital con precisión de 0.1 kg (Ohaus®) en fresco y se secaron en estufa a 65 °C hasta alcanzar peso constante. Previo

al corte, en esas mismas muestras estimó la composición botánica por medio de la metodología de rango de peso seco (Mannetje and Haydock, 1963).

El forraje consumido por lote se estimó como la diferencia entre la masa de forraje ofrecido y la masa de forraje residual expresada en kg de MS ha⁻¹, el cálculo se realizó mediante la Ecuación 7, dado que las áreas muestreadas correspondieron a un día, el consumo diario promedio por animal se calculó con la Ecuación 8.

$$FC = (FO - FR) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

FC: Forraje consumido (Kg de MS ha⁻¹)

FO: Forraje ofrecido (Kg de MS ha⁻¹)

FR: Forraje residual (Kg de MS ha⁻¹)

$$\text{Consumo diario de materia seca promedio por animal} = \frac{\text{Forraje consumido por lote}}{\text{Número de animales}} \quad (8)$$

Conforme a los criterios empleados por Améndola (2002), derivados de los conceptos enunciados por Hodgson (1990), la producción neta de forraje de la pradera se calculó empleando la Ecuación 9.

$$\text{Producción neta de forraje (kg MS / ha / d)} = \frac{\text{Forraje consumido por lote / área}}{\text{Días de descanso + días de ocupación}} \quad (9)$$

Estimación consumo de forraje por medio del desempeño animal

Los cálculos necesarios para la estimación de consumo de forraje por medio del desempeño animal se realizaron de la siguiente manera: a) se registró información del pastoreo en las fajas de pradera (área, categoría y número de animales, fechas de entrada y salida de animales), b) se estimaron los requerimientos nutricionales por etapa de las borregas en función de características de producción y de acuerdo al Cuadro 3.1, c) se estimaron las distancias recorridas para calcular el incremento de requerimientos para cubrir

el gasto de energía por desplazamiento, d) se consideró el aporte de energía con alimentos suplementarios con base en las mediciones de consumo y contenido energético, y e) se consideró el contenido energético del forraje consumido (muestras de pastoreo simulado), utilizando la Ecuación 10 derivada de NRC (2007) y los resultados de análisis de fibra detergente ácido (FDA)

$$\text{Energía metabolizable (EM, Mcal kg}^{-1} \text{ MS)} = 3.2534 - (0.0308\text{FDA}) \quad (10)$$

Para el cálculo de la productividad neta de las praderas a partir del consumo estimado empleando el método de desempeño productivo se utilizaron las ecuaciones 11 a 15.

$$\text{TPN} = \text{PN/CP} \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$\text{CP} = \text{PD+PO} \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$\text{PN} = \text{CL/A} \quad \text{Ecuación (13)}$$

$$\text{CL} = \text{RL} * \text{CEF} \quad \text{Ecuación (14)}$$

$$\text{RL} = \text{NBE} * \text{RBE} \quad \text{Ecuación (15)}$$

$$\text{RPL} = \text{RL} - \text{CES} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$\text{NBE} = \text{Ni} * \text{BE}_i + \text{Nj} * \text{BE}_j + \text{Nk} * \text{BE}_k \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$\text{CES} = \text{EMSi} * \text{CSi} + \text{EMSj} * \text{CSj} + \text{EMSk} * \text{CSk} \quad \text{Ecuación (18)}$$

donde:

A: área diaria asignada en praderas (ha)

BE_i, BE_j, BE_k: equivalencias de las categorías i, j, k (Cuadro 3.2).

CEF: contenido energético del forraje consumido en las praderas (Mcal EM kg MS⁻¹)

CES: consumo de energía con alimentos suplementarios (Mcal EM lote⁻¹ d⁻¹)

CP: Ciclo de pastoreo (días)

CSi, CSj, CSk: consumo de los alimentos suplementarios i, j,k (kg MS lote⁻¹ d⁻¹)

EMSi, EMSj, EMSk: contenido energético de los alimentos suplementarios i, j,k (Mcal EM kg MS⁻¹)

Ni, Nj, Nk: número en el lote de animales de las categorías i, j, k

PD: Período de descanso (días)

PN: Producción neta de forraje (kg MS ha⁻¹)

PO = Período de ocupación (días)

RBE: Requerimientos de una BE (Cuadro 3.1).

RL: requerimientos del lote (Mcal EM d⁻¹)

RPL: requerimientos del lote que cubiertos con forraje de praderas (McalEM d⁻¹)

TPN: Tasa de producción neta de forraje (kg MS ha⁻¹ d⁻¹)

3.4.4 Análisis estadístico

Los datos de producción neta de forraje (MS) de las praderas, composición nutricional de los alimentos utilizados, los consumos de energía, PC y MS, carga animal, evolución de pesos de los animales y la productividad neta de las praderas fueron analizadas con estadísticas descriptivas, se utilizaron medias y desviación estándar a través del Procedimiento Univariate Normal del programa (SAS, 2004). El análisis de los datos de evolución de peso y condición corporal se realizó con regresiones lineales simples a través del procedimiento PROG REG del programa (SAS, 2004). Para analizar la asociación y grado de concordancia existente entre los resultados obtenidos por las diferentes técnicas utilizadas para productividad neta de las praderas, se llevó a cabo un análisis de correlación y se aplicó el modelo gráfico de Bland y Altman (1986).

3.5 Resultados

3.5.1 Producción de forraje de las praderas

El área total destinada para la producción ovina del Rancho Xonecuila fue 52 hectáreas, esta superficie se dividió en dos predios y en 4 praderas, las características de las praderas se muestran en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. División del rancho Xonecuila en predios y praderas con áreas y edad.

Predio	Pradera	Área (ha)	Edad a agosto de 2010
Atenco	Horno	10	5
	Iglesia	13	1
Xonecuila	Horno	16	4
	Llorones	13	3
Total		52	

En el Cuadro 3.4 se puede observar que los promedios de masa de forraje ofrecido muestran una tendencia a disminuir conforme la pradera aumenta de edad. Asimismo, en la Figura 3.1 se observa que las masas de forraje ofrecido son menores en invierno.

Cuadro 3.4. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de masas de forraje ofrecido y residual, forraje consumido por unidad de área (kg MS ha^{-1}) y eficiencia de cosecha (%) por predio y pradera en el Rancho Xonecuila.

Predio	Pradera	n ^y	Ofrecido	Residual	Consumido	Eficiencia de cosecha
Atenco	Horno	12	2914 $\pm$ 0982	799 $\pm$ 514	2114 $\pm$ 0745	73 $\pm$ 12
	Iglesia	25	3536 $\pm$ 1209	450 $\pm$ 341	3085 $\pm$ 1157	86 $\pm$ 09
Xonecuila	Horno	28	3343 $\pm$ 1102	514 $\pm$ 418	2830 $\pm$ 815	85 $\pm$ 07
	Llorones	28	3790 $\pm$ 1293	697 $\pm$ 324	3085 $\pm$ 1145	80 $\pm$ 06

^y: n es el número de observaciones por pradera.

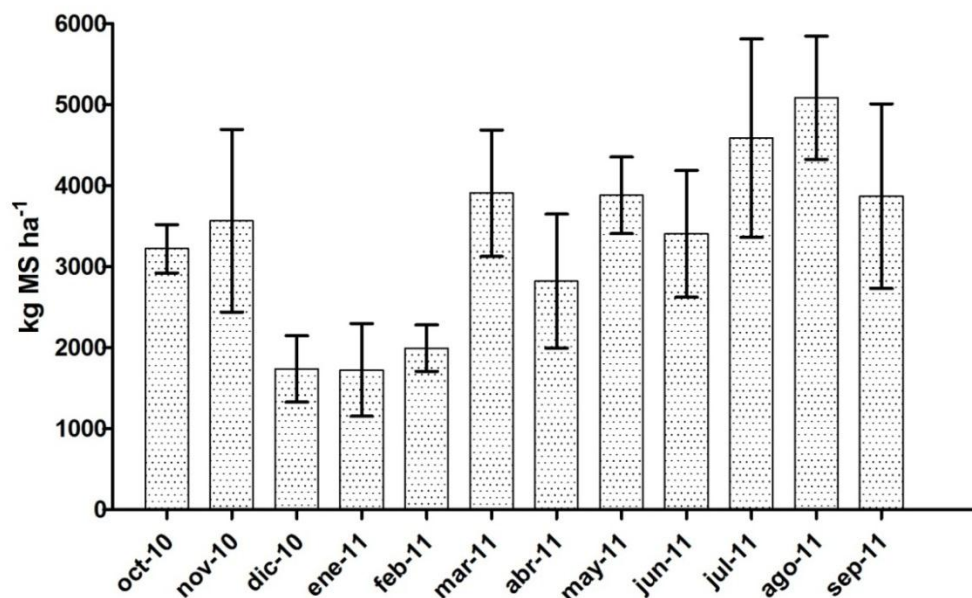


Figura 3.1. Promedios mensuales ($\pm$ desviación estándar) de masas de forraje ofrecido (kg MS ha^{-1}) en el Rancho Xonecuila.

Los promedios anuales de consumos de MS, energía metabolizable y PC para la BE se muestran en el Cuadro 3.5; en tanto que en el Cuadro 3.6 se reportan promedios anuales de consumo de MS por categoría a lo largo del periodo de estudio, mismos que resultaron similares a los reportados por NRC (2007) pero inferiores a los reportados por CSIRO (2007).

Cuadro 3.5. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de consumo diarios por Borrega Equivalente (BE) en términos de materia seca (kg MS), energía metabolizable (Mcal EM) y proteína cruda (kg PC); aporte de la pradera al consumo total (%) en el Rancho Xonecuila.

Pradera	n^y	Materia seca		Energía metabolizable		Proteína cruda	
		$\text{kg MS BE}^{-1} \text{ día}^{-1}$	Aporte Pradera	$\text{Mcal EM BE}^{-1} \text{ día}^{-1}$	Aporte Pradera	$\text{kg PC BE}^{-1} \text{ día}^{-1}$	Aporte Pradera
Horno A.	12	1.15 ± 0.28	84 ± 12	2.61 ± 0.65	83 ± 13	0.228 ± 0.077	93 ± 8
Iglesia	25	1.04 ± 0.26	78 ± 15	2.40 ± 0.58	80 ± 13	0.219 ± 0.074	93 ± 5
Llorones	28	1.11 ± 0.23	88 ± 10	2.55 ± 0.53	89 ± 9	0.234 ± 0.045	96 ± 3
Horno X.	28	1.10 ± 0.22	85 ± 10	2.60 ± 0.52	87 ± 8	0.242 ± 0.068	94 ± 4

^y: n es el número de observaciones por pradera.

Cuadro 3.6. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de consumo diario de materia seca (kg MS), energía metabolizable (Mcal EM) y proteína cruda (kg PC) por Borrega Equivalente de praderas en Rancho Xonecuila.

Categoría	n ^y	kg MS BE ⁻¹ día ⁻¹	Mcal EM BE ⁻¹ día ⁻¹	kg PC BE ⁻¹ día ⁻¹
Gestante	28	1.13 $\pm$ 0.32	2.57 $\pm$ 0.60	0.247 $\pm$ 0.072
Lactante	44	1.03 $\pm$ 0.23	2.41 $\pm$ 0.55	0.207 $\pm$ 0.060
Empadre	8	1.16 $\pm$ 0.21	2.72 $\pm$ 0.55	0.257 $\pm$ 0.059
Reemplazos	17	1.11 $\pm$ 0.23	2.54 $\pm$ 0.50	0.240 $\pm$ 0.057

^y: n es el número de observaciones por pradera.

3.5.2 Calidad nutritiva de los alimentos utilizados

En el Cuadro 3.7 se describen las características nutritivas promedio del forraje de las praderas de diferente edad pastoreados en el rancho Xonecuila, en el Cuadro 3.8 las de heno de avena, rastrojo de maíz y residuos agrícolas ofrecidos en pastoreo y por último en el Cuadro 3.9 las de los alimentos suplementarios ofrecidos en los corrales de encierro nocturno.

Cuadro 3.7. Composición nutritiva promedio ($\pm$ desviación estándar) de las praderas y su edad en el rancho Xonecuila.

Predio	Atenco		Xonecuila	
	Horno	Iglesia	Horno	Llorones
n ^y	12	25	28	28
Edad, años	5	1	3	4
MS, %	31 $\pm$ 09	25 $\pm$ 06	28 $\pm$ 07	27 $\pm$ 07
Cenizas, %	16 $\pm$ 03	15 $\pm$ 03	14 $\pm$ 01	17 $\pm$ 04
FDN, %	47 $\pm$ 10	37 $\pm$ 07	40 $\pm$ 06	42 $\pm$ 08
FDA, %	32 $\pm$ 07	28 $\pm$ 05	27 $\pm$ 04	29 $\pm$ 06
EM, Mcal kg ⁻¹ MS ⁻¹	2.25 $\pm$ 0.21	2.40 $\pm$ 0.16	2.42 $\pm$ 0.14	2.34 $\pm$ 0.17
PC, %	21 $\pm$ 03	25 $\pm$ 03	24 $\pm$ 03	23 $\pm$ 03
Leguminosas, %	44 $\pm$ 26	67 $\pm$ 16	62 $\pm$ 15	57 $\pm$ 19
Otras especies, %	55 $\pm$ 26	32 $\pm$ 16	38 $\pm$ 15	42 $\pm$ 19

^y: n es el número de observaciones por pradera.

Cuadro 3.8. Composición nutritiva promedio ($\pm$ desviación estándar) de rastrojo de maíz, pradera de avena y residuos agrícolas de coliflor y brócoli pastoreados en el rancho Xonecuila.

	Rastrojo de Maíz	Pradera de avena	Brócoli y coliflor
n ^y	7	3	6
MS ofrecido, %	91 $\pm$ 0.1	31 $\pm$ 13	18 $\pm$ 03
Cen ofrecido, %	11 $\pm$ 00	15 $\pm$ 03	11 $\pm$ 03
FDN, %	89 $\pm$ 03	43 $\pm$ 06	45 $\pm$ 03
FDA, %	36 $\pm$ 03	25 $\pm$ 04	24 $\pm$ 04
EM, Mcal kg ⁻¹ MS ⁻¹	1.91 $\pm$ 0	2.40 $\pm$ 0.1	2.51 $\pm$ 0.08
PC, %	4 $\pm$ 00	20 $\pm$ 05	15 $\pm$ 01

^y: n es el número de observaciones por residuos y pradera de avena.

Cuadro 3.9. Composición nutritiva promedio ($\pm$ desviación estándar) de suplementos utilizados corrales de encierro nocturno en Rancho Xonecuila.

	Rastrojo Maíz	Rastrojo Avena	Heno de Pradera	Zanahoria
N	7	3	9	3
MS, %	92 $\pm$ 3	91 $\pm$ 1	88 $\pm$ 4	8 $\pm$ 3
Cen ofrecido, %	12 $\pm$ 1	11 $\pm$ 2	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 1
FDN, %	78 $\pm$ 3	71 $\pm$ 1	32 $\pm$ 2	43 $\pm$ 5
FDA, %	45 $\pm$ 3	46 $\pm$ 2	38 $\pm$ 2	13 $\pm$ 2
EM, Mcal kg ⁻¹ MS ⁻¹	1.9 $\pm$ 0.1	1.8 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.2
PC, %	4 $\pm$ 1	5 $\pm$ 1	21 $\pm$ 5	12 $\pm$ 2

^y: n es el número de observaciones por suplemento.

3.5.3 Carga animal en las praderas

El número promedio de animales en el Rancho Xonecuila correspondió a 2524 $\pm$ 431 BE (Figura 3.2). La pradera aportó los nutrientes para mantener en promedio el 83% de los BE a lo largo del año, los demás nutrientes provinieron de pastoreo de rastrojo de maíz, brócoli, coliflor y pradera de avena. El periodo de déficit de suministro de forraje de las praderas ocurrió en otoño-invierno (entre el 15 de noviembre de 2010 al 19 de febrero de 2011. En ese periodo también se presentó el máximo número de BE.

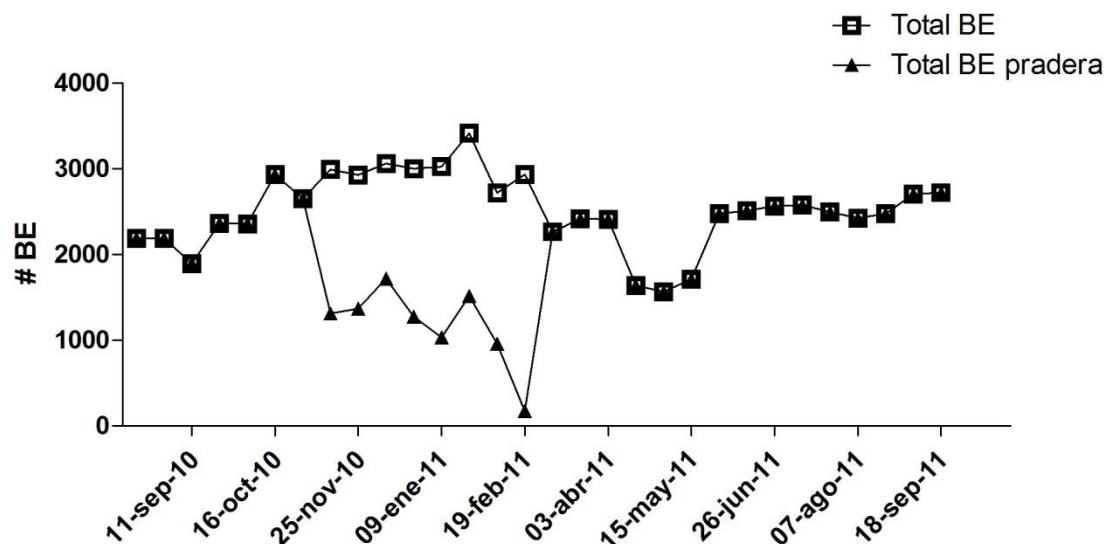


Figura 3.2. Número de Borrega equivalentes totales (BE) durante el periodo de estudio en el Rancho Xonecuila y el número de BE soportados únicamente por la pradera.

El número de Borregas equivalentes soportados por hectárea y por ciclo de pastoreo (días de descanso + días de ocupación) presentó una tendencia a disminuir dependiendo de la edad de la pradera (Cuadro 3.10).

3.5.4 Peso y condición corporal de borregas y reemplazos

Los promedios de peso y condición corporal de borregas Columbia fueron de 68 ± 5 y 2.8 ± 0.5 en tanto que para reemplazos fueron 44 ± 4.2 y 2.7 ± 0.18 , en los dos casos la asociación entre ambas variables fue altas $r^2=0.9894$ $yr^2=0.9447$ (Figura 3.3).

3.5.5 Productividad neta de las praderas

La productividad neta de las praderas ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) fue calculada por muestreo de forraje pre- y post- pastoreo y por cálculo basado en desempeño animal, los promedios anuales de producción mostraron una tendencia a disminuir conforme aumentó la edad de las praderas (Cuadro 3.11). Los promedios mensuales de productividad neta de las praderas en otoño e invierno fueron mucho menores que en primavera y verano (Figura 3.4). En la Figura 3.5

se reporta la relación entre la productividad estimada con ambas técnicas y en la Figura 3.6 se muestra la concordancia entre las mediciones.

Cuadro 3.10. Promedios anuales ($\pm$ desviación estándar) de carga animal instantánea (Borrega equivalente ha^{-1}), carga animal por ciclo de pastoreo (Borrega equivalentes ha^{-1} ciclo $^{-1}$) y días de descanso de praderas pastoreadas por borregas Columbia.

Pradera	n ^y	Edad	Carga animal instantánea	Carga animal por ciclo de pastoreo	Días de descanso
Horno Atenco	12	5	2367 $\pm$ 1247	47 $\pm$ 31	54 $\pm$ 18
Iglesia	25	1	4126 $\pm$ 2145	100 $\pm$ 57	42 $\pm$ 10
Horno Xonecuila	28	4	3033 $\pm$ 0781	55 $\pm$ 17	55 $\pm$ 10
Llorones	28	3	3116 $\pm$ 0845	58 $\pm$ 19	55 $\pm$ 12

^y: n es el número de observaciones por pradera.

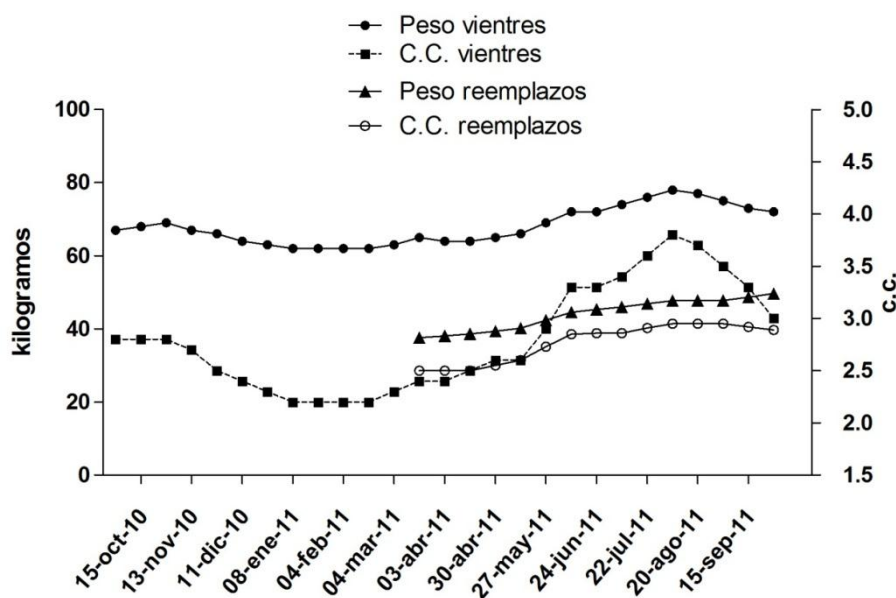


Figura 3.3. Comportamiento del peso y la condición corporal a través del periodo de estudio de borregas vientre y reemplazos Columbia en el rancho Xonecuila.

Cuadro 3.11. Promedio anuales ($\pm$ desviación estándar) de la productividad neta de las praderas (kg MS ha⁻¹ día⁻¹) estimados con muestreos de forraje pre- y post- pastoreo y cálculo basado en desempeño animal de las praderas de Rancho Xonecuila.

Predio:	Atenco		Xonecuila	
Pradera:	Horno	Iglesia	Llorones	Horno
Edad	5	1	3	4
n ^y	10	21	26	26
Forraje Consumido	42 $\pm$ 19	76 $\pm$ 35	58 $\pm$ 27	53 $\pm$ 21
Cálculos en reversa	42 $\pm$ 24	73 $\pm$ 42	51 $\pm$ 22	50 $\pm$ 23

^y: n es el número de observaciones por pradera.

3.6 Discusión

3.6.1 Producción de forraje de las praderas

Los beneficios que se asocian a la rotación de cultivos como la salud del suelo, la biodiversidad y el aumento de la materia orgánica contribuyen a la rentabilidad de las empresas agrícolas-ganaderas, aunque estos beneficios a largo plazo son difíciles de cuantificar y asignarles un valor económico, permite al productor invertir su dinero de manera diversificada y evitar la pérdida total de la inversión al dedicarla a un solo cultivo (Thiessen y Entz, 2011). Sin embargo, esta rotación de cultivos tiene que hacerse de manera planificada y debe incluir aspectos económicos, ambientales y de manejo. En el rancho Xonecuila no existen praderas de 2 años de edad y existe una pradera de 5 años, además de que no se sembró ninguna otra pradera durante el muestreo, lo que puede provocar la reducción y desequilibrio en el disponible, ya que al aumentar la edad de las praderas se reduce su productividad (Smith *et al.*, 2000), tal como observa en el Cuadro 3.11 respecto a producción neta de forraje y como consecuencia en la carga animal soportada (Cuadro 3.10). Al respecto, Coruh and Tan (2008) reportan que en praderas de alfalfa la producción de forraje se redujo 54% entre el segundo y el séptimo año de edad debido a que la densidad de las plantas disminuyó por la mortalidad de las plantas asociada a efectos de enfermedades, condiciones ambientales adversas y sobrepastoreo.

Por otro parte, con praderas viejas la evolución de la concentración de N inorgánico se incrementa, lo que aumenta su lixiviación desde 10 a 71 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Vertès and Simon, 1993; Alfaro *et al.*, 2008).

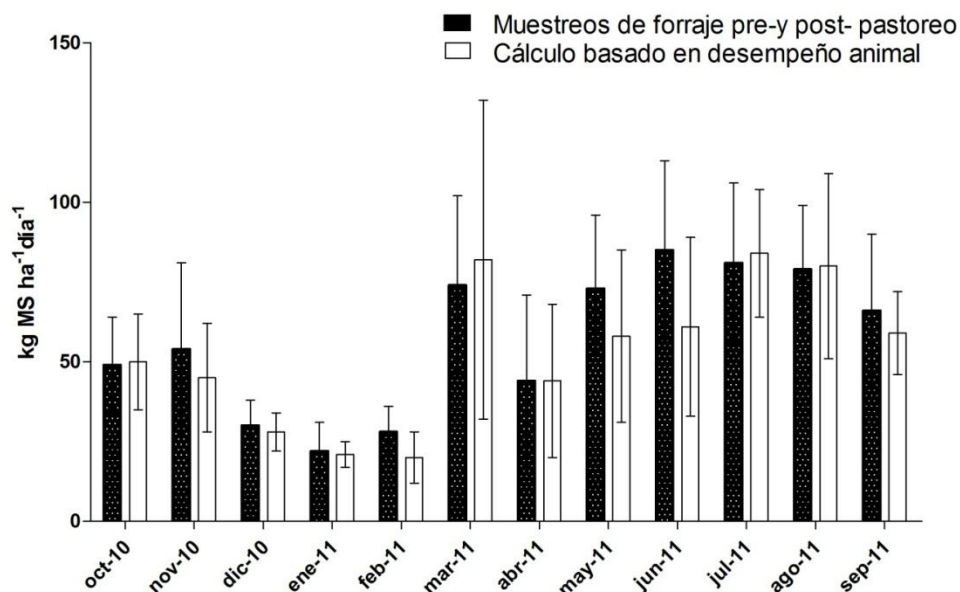


Figura 3.4. Promedios mensuales ($\pm$ desviación estándar) de la productividad neta de las praderas (Kg MS ha⁻¹ día⁻¹) del rancho Xonecuila, estimadas por muestreos de forraje pre- y post- pastoreo y cálculo basado en desempeño animal.

Como se puede observar en la Figura 3.1, durante los meses que corresponden al invierno las masas de forraje ofrecido fueron menores a 2000 kg MS ha⁻¹. Estas masas de forraje resultaron similares a las reportadas por Mendiola-González *et al.* (2007) y Flores (2010) en praderas de alfalfa y gramíneas durante el invierno en Chapingo, Edo. de México y Tequisquiapan, Querétaro respectivamente. Esos niveles de masa de forraje resultan restrictivos para el consumo de forraje de las borregas debido a reducciones en el peso de bocados (Rattray *et al.*, 1987). Las bajas masas de forraje ofrecido fueron consecuencia de la baja productividad neta de las praderas durante los meses de diciembre, enero y febrero (30, 22 y 28 kg MS día⁻¹ respectivamente). Para contrarrestar esta crisis forrajera, el productor utilizó rastrojo de maíz, pradera de avena y residuos agrícolas de coliflor y brócoli para el pastoreo de las borregas (Figura 3.2).

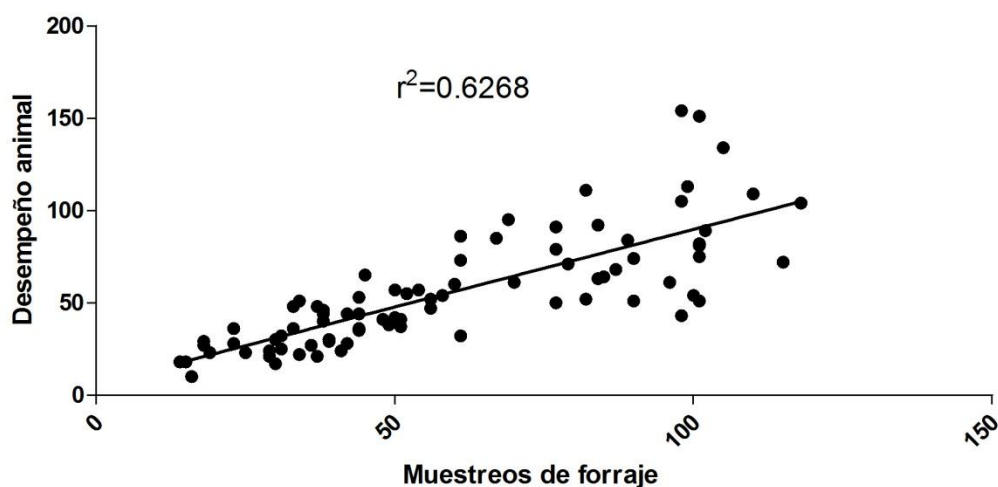


Figura 3.5. Relación entre las estimaciones de productividad neta de las praderas del rancho Xonecuila ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) por muestreos de forraje pre- y post- pastoreo y cálculo basado en desempeño animal.

3.6.2 Consumo de forraje

Los consumos de MS reportados en el Cuadro 3.5 resultaron similares al que recomienda NRC (2007) para una borrega madura de 70 kg de peso y que únicamente cubra requerimientos de mantenimiento ($1.18 \text{ kg MS día}^{-1}$) y al reportado por Penning *et al.* (1995) para borregas del mismo peso ($1.15 \text{ kg MS día}^{-1}$); sin embargo, el consumo tabulado por CSIRO (2007) para ese tipo de animales es mayor ($1.35 \text{ kg MS día}^{-1}$). Entre el 15 de noviembre de 2010 y el 19 de febrero de 2011 la base de la alimentación de las borregas en pastoreo fue rastrojo de maíz, pradera de avena y residuos agrícolas de coliflor y brócoli, el promedio de consumo fue de 0.72 ± 0.16 , 0.60 ± 0.02 , $0.56 \pm 0.19 \text{ kg MS día}^{-1} \text{ BE}^{-1}$, para avena, rastrojo de maíz y las coles respectivamente, de modo que en ese período las borregas enfrentaron severas restricciones en su consumo. Esta restricción resultó particularmente grave, debido a que ese periodo coincidió la parición de 982 borregas (89% de los partos) y la respectiva lactancia; como consecuencia, se presentaron pérdidas de peso y condición corporal como se puede observar en la Figura 3.3. Gibb and Treacher (1980) mencionan que si bien en esas etapas fisiológicas las borregas pueden perder hasta 20% de su

peso vivo, es importante que mantengan una condición corporal superior a 3.2 para no comprometer su desempeño durante la lactación.

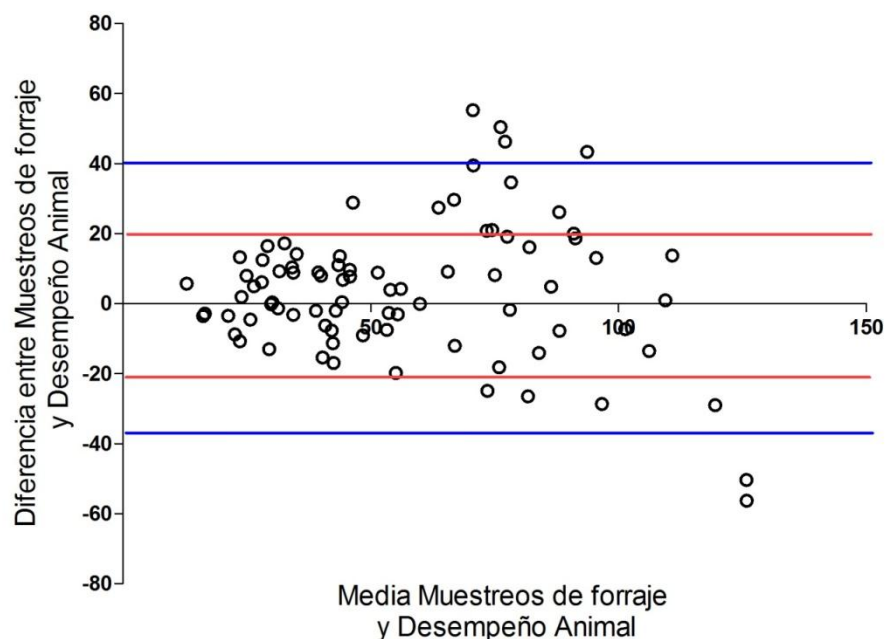


Figura 3.6. Discrepancias de medias bajo el método de Bland-Altman entre la técnica de muestreos pre y post- pastoreo y la técnica de cálculo basado en desempeño animal.

En los días posteriores al parto las borregas lactantes se mantuvieron por algunos días en corraletas dentro de las instalaciones de encierro nocturno, y fueron alimentadas con rastrojos de avena y maíz y heno de pradera. Los consumos diarios de MS (kg), energía (Mcal EM) y proteína cruda (kg PC) por BE fueron 1.08 ± 0.33 , 1.97 ± 0.57 y 0.170 ± 0.020 para heno de pradera, y para rastrojos de 0.99 ± 0.18 , 2.26 ± 0.38 y 0.186 ± 0.044 , respectivamente; éstos consumos de MS en corral fueron inferiores a los recomendados por NRC (2007) y CSIRO (2007). Estos resultados sugieren que esa medida de manejo dirigida a aumentar el vínculo madre-hijo pudo haber tenido costos altos en la nutrición de las madres.

3.6.3 Eficiencia de cosecha

La eficiencia de cosecha tuvo promedios superiores a los reportados por Améndola (2002) para ganado bovino y Tablada *et al.* (2003) para pastoreo mixto de ovinos y bovinos (63 y 60%). A pesar de que los ovinos generalmente están en condiciones de cosechar forraje a ras de suelo (Olson *et al.*, 1999), esta alta eficiencia pudo ser resultado de un manejo con demasiado baja asignación de forraje lo cual se aprecia en las extremadamente bajas masas de forraje residual (Cuadro 3.4), que de acuerdo a Rattray *et al.* (1987) limitan el consumo de forraje. Mendiola-González *et al.* (2007) reportaron que la cosecha severa de las borregas causó un rebrote menos vigoroso y con ello se redujo la masa de forraje ofrecido en el siguiente ciclo de pastoreo. Sin embargo, Delagarde y Gintzburger (1993) indican que las altas eficiencias de cosechas logradas con ovinos (alrededor del 95% del forraje ofrecido) favorecen el crecimiento de las leguminosas forrajeras y reducen las pérdidas causadas por senescencia y pisoteo.

3.6.4 Calidad nutritiva del forraje y persistencia de las praderas

Los contenidos de FDN y FDA tendieron a aumentar con la edad de la pradera (Cuadro 3.7), lo que provocó la disminución del contenido energético de las praderas. Esta tendencia también fue reportada por Rose (2011) para praderas de alfalfa. El deterioro de la calidad nutricional se asoció a la reducción en la proporción de alfalfa (Cuadro 3.7), este proceso es frecuente en praderas de alfalfa en México (Améndola *et al.*, 2005) y algo similar ocurre en Canadá (Popp *et al.*, 1997). Estos resultados que coinciden con la reducción de la productividad y capacidad de carga de las praderas con la edad (Cuadro 3.5 y Cuadro 3.10) destacan la necesidad de prestar mucha atención para mantener uniforme las rotaciones de praderas y cultivos de modo de conservar un equilibrio de edades en las praderas.

Los contenidos de PC fueron similares a los reportados por Améndola (2002) para una pradera de alfalfa y pasto ovillo pero superiores a los reportados por González *et al.* (2004) y Flores (2010) para praderas de alfalfa y gramíneas.

Excesivamente altos niveles de proteína cruda en la dieta pueden ocasionar reducción en las eficiencias de utilización de la proteína y la energía y problemas reproductivos por muy altos niveles de urea en sangre (Améndola, 2002); este factor debe tomarse en cuenta al definir la alimentación suplementaria.

3.6.5 Consumos de coliflor, brócoli y zanahoria

Entre el 15 de noviembre de 2010 y el 15 de febrero de 2011 los animales consumieron bajas cantidades de coliflor y brócoli, mismo que de acuerdo a Dove (2002) puede comprometer el desempeño productivo de las borregas debido a la disminución del consumo de MS por el alto contenido de agua y por compuestos secundarios tales como glucosinolatos y S-metil cisteína sulfóxido (SMCO) y nitrilos que afectan la salud de los animales.

La zanahoria se usa como alimento suplementario porque es un residuo agroindustrial de la lavadora de hortalizas del mismo rancho; es un alimento con alto valor energético y bajo en PC (Cuadro 3.9); estos resultados coinciden con los de Rozano *et al.* (2004) e implican que es un buen complemento alimenticio del forraje de las praderas. Por su alto contenido de humedad contribuyó a condiciones desventajosas en los corrales nocturnos, por predisposición al desarrollo de enfermedades bacterianas y parasitarias (Pugh and Baird, 2012); esta desventaja desapareció cuando se le suministró en el campo.

3.6.6 Carga animal en las praderas

La carga soportada por las praderas (Cuadro 3.10) resultó mayor que la reportada para praderas de gramíneas y leguminosas en otros países (Rattray *et al.*, 1987). No se dispone de datos de carga animal con borregas de cría en pastoreo intensivo en México, lo que dificulta la discusión de este resultado. La praderas con menor edad (un año) soportaron hasta el 100% mayor carga que las de cinco de 5 años tal como se discutió en el punto sobre persistencia de las praderas.

3.6.7 Evolución del peso y la condición corporal

El promedio de peso de las borregas Columbia fue 68 ± 5 y su evolución a lo largo del año puede verse en la Figura 3.3, Snowden *et al.* (2001) citan pesos similares a partir de datos de 1731 borregas Columbia, aproximadamente a las 4 semanas después del parto de borregas de 66 kg. Sin embargo, estos pesos son inferiores al promedio de los reportados por Taylor *et al.* (2009) de 81 kg.

La recuperación del peso perdido en los meses de invierno, después del parto, la lactancia y la etapa de empadre es fundamental para que las borregas vuelvan a quedar gestantes. Snowden and Glimp (1991) reportan una pérdida de peso de 5 y 10% de su peso vivo para lactancia simple y doble para borregas Columbia similar al perdido por las borregas en los meses correspondientes al invierno donde perdieron 1 punto de condición corporal en una escala 1 a 5, y que a inicios de la lluvias (mayo) las borregas lo recuperaron (Figura 3.3).

3.6.8 Productividad neta de las praderas

Las estimaciones de productividad neta de las praderas con la técnica de muestreos de forraje pre- y post pastoreo y la de cálculo basado en desempeño animal rindieron resultados similares (Cuadro 3.11) y altamente correlacionados (Figura 3.5), lo cual fue corroborado por la concordancia encontrada con el método gráfico de Bland y Altman. Este resultado que coincide con los de Macoon *et al.* (2003) y Ferri *et al.* (2008) implica que una técnica muy laboriosa y por tanto impracticable en una unidad de producción (muestreos de forraje) puede ser sustituida por el cálculo basado en desempeño que es rápido y además se basa en datos (requerimientos, consumo de suplementos, composición de los alimentos) que de todas formas deberían utilizarse para hacer más eficiente el manejo nutricional del rancho.

La producción neta de forraje de las praderas (Cuadro 3.11) fueron elevadas, mayores que las de resultados de experimentos con praderas de alfalfa y gramíneas recopilados por Améndola *et al.* (2005).

3.7 Conclusiones

Las praderas del Rancho Xonecuila soportaron elevadas cargas animal, lo cual estuvo asociado a su alta producción neta de forraje. Este resultado también se vincula con el uso de alimentos suplementarios durante el período invernal.

La productividad, calidad nutricional, capacidad de carga y proporción de alfalfa de las praderas se redujo con la edad, efecto que se magnificó por la falta de equilibrio en la distribución de edades de las praderas del rancho.

Los consumos de materia seca en el período invernal fueron bajos, lo que se asoció con marcadas pérdidas de peso vivo y condición corporal durante ese período. Este resultado es indicador de carga excesivamente alta.

Los muestreos de forraje pre-y post- pastoreo para estimar de consumo de forraje y productividad de las praderas pueden ser sustituidos por el cálculo basado en desempeño animal.

3.8 Literatura citada

- Alfaro, M., F. Salazar, S. Iraira, N. Teuber, D. Villarroel, y L. Ramírez. 2008. Nitrogen, phosphorus and potassium losses in a grazing system with different stocking rates in a volcanic soil. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68: 146-155.
- AFRC(Agricultural and Food Research Council). 1990. Nutritive requirements of ruminant animals, Energy. *Nutrition Abstracts and Reviews Series B* 60: 729-804.
- Améndola M., R. D. 2002. A dairy system based on forages and grazing in temperate México. Tesis Doctoral, Wageningen Universiteit, The Netherlands. 269 p.
- Améndola M., R. D. 2006. Pastoreo de ovinos en praderas templadas de México. *La Revista del Borrego*. Año 7 No. 39 Marzo Abril de 2006. pp. 1-14.
- Améndola, R., E. Castillo, and P. A. Martínez. 2005. Country Pasture/Forage Resource Profiles. Mexico. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Counprof/mexico/Mexico.htm>. Consultada el día 13 de junio 2012.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th Edition. USA. 728 p.
- ARC (Agricultural Research Council) 1980. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. 2nd. Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough. England. 351 p.

- Bland, J. M., and D. G. Altman. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 327: 307-310.
- 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. *Journal of Animal Science* 82: 149-169.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). 2007. *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants*. CSIRO Publishing. Australia. 296 p.
- Delagarde, R., and G. Gintzburger. 1993. Effets du pasturage ovin sur la production de biomasse et de semences du trèfle outerrain en Crau. *Fourrages* 135: 327-33.
- Dove, H. 2002. Principles of Supplementary Feeding in Sheep-grazing Systems. In: *Sheep Nutrition*. (eds. Freer, M. and H. Dove). CABI Publishing in association with CSIRO Publishing. Australia. 385 p.
- Farquharson, B. 2009. A whole farm approach to planned animal health and production for sheep clients in Australia. *Small Ruminant Research* 86: 26-29.
- Ferri M., C., N. Stritzler P., M. Brizuela A., H. J. Pagella. 2008. A Comparison of four techniques to estimate forage intake by rams grazing on a *Panicum coloratum* L. pasture. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68: 248-256.
- Flores C., G. 2010. Evaluación productiva del sistema de alimentación de las hembras adultas en una granja orgánica de ovejas lecheras en el municipio de El Marqués, Querétaro. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 82 p.
- Freer M., and H. Dove. 2002. *Sheep Nutrition*. CSIRO Publishing. Australia. 377 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köpen. 4^a. ed., Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 217 p.
- Geenty K. G. and P. V. Rattray. 1987. The energy requirements of grazing sheep and cattle. In: A. M. Nicol (Ed.) *Livestock Feeding on Pasture*: New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication No 10. Hamilton, N. Zealand. pp. 39-53.
- Gibb, M. J., and T. T. Treacher. 1980. The effect of ewe body condition at lambing on the performance of ewes and their lambs at pasture. *Journal Agricultural Science Cambridge* 95: 631-640.
- González A., S. X., H. Díaz S., R. López T., E. Aizpuru G., H. M. Garza C., y F. R. Sánchez. 2004. Consumo, calidad nutritiva y composición botánica de una pradera de alfalfa y gramíneas perennes con diferentes niveles de asignación de forraje. *Técnica Pecuaria México* 41: 29-37.
- Google Earth®. 2011. Software, Versión 4.2.
- Hodgson, J. 1990 *Grazing Management Science into Practice*. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex, UK. 203 p.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). 1981. *Alimentación de los Rumiantes*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

- Lantinga, E. A., J. H. Neuteboom, and J. A. C. Meijis. 2004. Sward methods. *In*: Herbage Intake Handbook. (ed., Penning P.) 2a ed. The British Grassland Society. UK. pp: 23-52.
- L'tMannetje, and K. P. Haydock. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. *Journal of the British Grassland Society* 18: 268–275.
- Macon, B., L. E. Sollenberger, J. E. Moore, C. R. Staples, J. H. Fike, and K. M. Portier. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science* 81: 2357-2366.
- Mendiola-González, A., P. H. Martínez-Hernández, E. Cortés-Díaz, y Sánchez-del Real. 2007. Efecto del pastoreo mixto y monoespecífico en una pradera de alfalfa-ovillo. *Agrociencia* 41: 395-403.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academic Press. Washington, USA. 384 p.
- Olson, K. C., R. D. Wiedmeier, J. E. Bowns, and R. L. Hurst. 1999. Livestock response to multispecies and deferred-rotation grazing on forested rangeland. *Journal of Range Management* 52: 462-470.
- Penning, P. 2004. Herbage Intake Handbook. 2 ed. The British Grassland Society. UK. pp: 67-68.
- Penning, P. D., A. J. Parsons, R. J. Orr, A. Harvey, and R. A. Champion. 1995. Intake and behavior responses by sheep, in different physiological states, when grazing monocultures of grass or white clover. *Applied Animal Behavior Science* 45: 63-78.
- Popp, J. D., W. P. McCaughey, and R. D. H. Cohen. 1997. Grazing system and stocking rate effects on the productivity, botanical composition and soil surface characteristics of alfalfa-grass pastures. *Canadian Journal of Animal Science* 77: 669-676.
- Pugh, D. G. and A. N. Baird. 2012. Sheep and Goat Medicine. Edit. Elsevier Saunders. 2nd ed. USA. 612 p.
- Ratray, P. V., K. F. Thompson, H. Hawker, y R. M. W. Sumner. 1987. Pastures for sheep production. *In*: A. M. Nicol (Ed.) *Livestock Feeding on Pasture*: New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication No 10. Hamilton, New Zealand. pp. 89-103.
- Rose S., N. 2011. The effect of spring grazing management on yield, animal liveweight gain and root reserves of lucerne (*Medicago sativa* L.). Tesis de Licenciatura. Lincoln University. Nueva Zelanda. 84 p.
- Rozano L. G., V., C. Quiróz S., J. C. Acosta P., L. A. Pimentel A., E. I. R. Quiñonez. 2004. Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria* 5(7): 1-30.
- Russel, A. 1984. Body condition scoring of sheep. *In Practice* 6: 91-93.
- SAS. 2004. SAS/STAT 9.1. User's Guide. Vol. 1-7. SAS Publishing. Cary, NC, USA. 5180 p.
- Smit, H. J., H. Z. Taweel, B. M. Tas, S. Tamminga, and A. Elgersma. 2005. Comparison of Techniques for Estimating Herbage Intake of Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 88: 1827-1836.

- Smith S. R., J. H. Bouton., A. Singh., and W. P. McCaughe. 2000. Development and evaluation of grazing-tolerant alfalfa cultivars: A review. *Canadian Journal of Plant Science* 80: 503-512.
- Snowder, G. D., and H. A. Glimp. 1991. Influence of breed, number of suckling lambs, and stage of lactation on ewe milk production and lamb growth under range conditions. *Journal of Animal Science* 69: 923-930.
- Snowder, G. D., A. D. Knight, L. D. Van Vleck, C. M. Bromley, and T. R. Kellom. 2001. Usefulness of subjective ovine milk scores: Associations with range ewe characteristics and lamb production. *Journal of Animal Science* 79: 811-818.
- Tablada A., S. R., P. A. Martínez H., C. Sánchez R., y E. D. Cortés. 2003. Rebrote en alfalfa-ovillo bajo pastoreo mixto durante el invierno. *Revista Científica FCV-LUZ* 13: 312-318.
- Taylor, J. B., C. A. Moffet, T. D. Leeds. 2009. Body weight changes and subsequent lambing rates of western whiteface ewes grazing winter range. *Livestock Science* 121: 339-342.
- Thiessen M., J. R., and H. M. Entz. Integrating green manure and grazing systems: A review. *Canadian Journal of Plant Science* 91: 81-824.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3588–3597
- Vertès F., y J. C. Simon. 1993. Nitrate leaching measurement in grazed grassland. In: *White clover in Europe: State of art*, Frame J. Rome, Italy. FAO.pp 116-118.
<http://www.fao.org/docrep/v2350e/v2350e0q.htm#nitrate> leaching measurement in grazed grasslands. Consultada el día 26 mayo de 2012.