



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA**

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**PASTOREO MIXTO DE VACAS LECHERAS CON
BORREGAS COMO SEGUIDORAS
EN ALFALFA-OVILLO**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

JUAN DANIEL JIMÉNEZ ROSALES



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de:
Ricardo D. Améndola Massiotti, Ph. D.



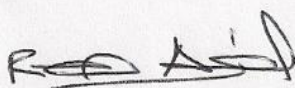
Abril 2015
Chapingo, México.

PASTOREO MIXTO DE VACAS LECHERAS CON BORREGAS COMO SEGUIDORAS EN ALFALFA-OVILLO

Tesis realizada por **JUAN DANIEL JIMÉNEZ ROSALES** 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

DIRECTOR:



Ph. D. RICARDO DANIEL AMÉNDOLA MASSIOTTI

ASESOR:



Ph. D. MAXIMINO HUERTA BRAVO

ASESOR:



DR. JUAN ANDRÉS BURGUEÑO FERREIRA

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	V
LISTA DE FIGURAS	VII
AGRADECIMIENTOS	VIII
DATOS BIOGRÁFICOS	IX
RESUMEN GENERAL	X
GENERAL ABSTRACT	XI
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Consumo de forraje por rumiantes en pastoreo	3
2.1.1 Regulación del consumo de forraje	3
2.1.2 Estrategia de forrajeo en rumiantes	4
2.1.3 Comportamiento ingestivo	5
2.2 Factores que afectan el consumo de forraje en pastoreo	7
2.2.1 Estructura de la pradera	7
2.2.2 Composición química de forraje	11
2.2.3 Manejo de pastoreo	12
2.2.4 Factores del animal	14
2.3 Estimación de consumo de forraje en pastoreo	15
2.3.1 Diferencia de masas de forraje	15
2.3.2 Producción fecal y digestibilidad de la dieta	16
2.3.3 Cenizas insolubles en ácido y óxido de cromo	17
2.3.4 N-Alcanos	18
2.3.5 Consumo de forraje a partir del desempeño animal	19
2.3.6 Comportamiento ingestivo	19
2.3.7 Sistema de grabación automático y registro acústico	20
2.4 Selección por rumiantes en pastoreo	21
2.4.1 Selección y composición botánica	21
2.4.2 Selección y características de la pradera	22

2.4.3	Preferencia en praderas mixtas	23
2.4.4	Preferencia y composición química del alimento.....	23
2.4.5	Preferencia y experiencia previa	24
2.5	Pastoreo mixto	25
2.6	Pastoreo rotacional de líderes y seguidores	26
2.7	Literatura citada	26
3	PASTOREO MIXTO DE VACAS LECHERAS CON BORREGAS COMO SEGUIDORAS EN ALFALFA-OVILLO 1. CONSUMO DE FORRAJE	35
3.1	Resumen	35
3.2	Abstract.....	36
3.3	Introducción	37
3.4	Materiales y métodos.....	37
3.5	Resultados y discusión	43
3.6	Conclusiones	49
3.7	Literatura citada	49
4	PASTOREO MIXTO DE VACAS LECHERAS CON BORREGAS COMO SEGUIDORAS EN ALFALFA-OVILLO 2. COMPOSICIÓN DEL FORRAJE	52
4.1	Resumen	52
4.2	Abstract.....	53
4.3	Introducción	53
4.4	Materiales y métodos.....	55
4.5	Resultados y discusión	58
4.6	Conclusiones	65
4.7	Literatura citada	65

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del concentrado y ensilado de maíz ofrecido.	39
Cuadro 2. Masas de forraje (kg MS ha ⁻¹) y grado de utilización (%) en praderas de alfalfa-ovillo pastoreadas por vacas bajo pastoreo mixto y monoespecífico.	43
Cuadro 3. Masas de forraje (kg MS ha ⁻¹) y grado de utilización (%) en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, bajo pastoreo monoespecífico de vacas lecheras.	44
Cuadro 4. Masas de forraje (kg MS ha ⁻¹) y grado de utilización (%) en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, bajo pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras.	45
Cuadro 5. Consumo (kg MS 100 kg PV ⁻¹) de vacas en pastoreo mixto y monoespecífico en praderas de alfalfa-ovillo, estimado con dos métodos. .	47
Cuadro 6. Composición botánica (% MS) del forraje pastoreado por vacas en pastoreo mixto y monoespecífico en praderas de alfalfa-ovillo.....	48
Cuadro 7. Consumo (kg MS 100 kg PV ⁻¹) de vacas líderes y borregas seguidoras en pastoreo mixto de praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, estimado con dos métodos.	48
Cuadro 8. Composición nutricional del concentrado y ensilado de maíz ofrecido.	56
Cuadro 9. Composición botánica y morfológica (% MS) del forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, durante primavera-verano.....	59
Cuadro 10. Composición botánica y morfológica (% MS) del forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, durante otoño-invierno.	60
Cuadro 11. Composición botánica y morfológica (% MS) del forraje consumido por borregas seguidoras en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad. ...	62

Cuadro 12. Composición nutricional (% MS) de forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, durante primavera-verano.	63
Cuadro 13. Composición nutricional (% MS) de forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, durante otoño-invierno.	64
Cuadro 14. Composición nutricional (% MS) del forraje consumido por borregas seguidoras en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Decisiones de pastoreo por rumiantes desde pequeñas a grandes escalas de tiempo y espacio (Adaptado de Bailey <i>et al.</i> , 1996 y Laca, 2000).	5
Figura 2. Componentes del comportamiento ingestivo (Adaptado de Hodgson, 1990; Cosgrove y Edwards, 2007 y De Faccio <i>et al.</i> , 2013).	8

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el otorgamiento de la beca para realizar mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme dado la oportunidad de poder realizar mis estudios de maestría.

Al profesor Dr. Ricardo Daniel Améndola Massiotti por su valiosa orientación en el desarrollo de esta investigación, por sus enseñanzas, consejos y motivación durante mis estudios.

A los profesores: Dr. Maximino Huerta Bravo por su apoyo para la realización de este trabajo, Dr. Juan Andrés Burgueño Ferreira por su orientación en el análisis estadístico, Dr. José Luis Zaragoza Ramírez por su apoyo con el laboratorio y al Dr. Rodolfo Ramírez Valverde por sus valiosas observaciones.

A los profesores del Posgrado en Producción Animal y en especial a los que me brindaron parte de sus conocimientos.

Además, agradezco a mis colegas Isaí Vásquez Hernández, Jonathan Emmanuel Valerio Hernández y Pedro Topete Pelayo por su apoyo durante las fases de campo.

A Julio Ismael Jiménez Rosales y Amairani Velázquez que contribuyeron en algunas etapas de este trabajo.

A Marisol Ortiz Texon por estar siempre a mi lado.

¡¡GRACIAS!!

Juan Daniel Jiménez Rosales

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Juan Daniel Jiménez Rosales
Fecha de nacimiento	09 de octubre de 1989
Lugar de nacimiento	Ecatepec, estado de México
CURP	JIRJ891009HMCMSN00
Profesión	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia
Cédula profesional	08706313

Desarrollo académico

Técnico en industrialización de lácteos 2007	Centro de Bachillerato Tecnológico No. 2 Lic. Carlos Pichardo
Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia 2013	Universidad Autónoma Chapingo
Maestro en Ciencias en Innovación Ganadera 2015	Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

PASTOREO MIXTO DE VACAS LECHERAS CON BORREGAS COMO SEGUIDORAS EN ALFALFA-OVILLO

Los objetivos fueron estimar el consumo y la composición del forraje de vacas lecheras líderes y borregas seguidoras en praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) de diferentes edades, durante primavera-verano (P-V) de 2013 y otoño-invierno (O-I) de 2014. Se evaluaron dos tratamientos pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas seguidoras (Pmix) y pastoreo monoespecífico de vacas lecheras (Pmon). El diseño fue completamente al azar, con dos repeticiones por potrero; las unidades experimentales fueron los lotes de animales y sus respectivas áreas pastoreadas. El consumo total (kg MS 100 kg PV-1 d-1) de vacas y borregas se determinó sumando las cantidades consumidas diariamente de forraje, ensilado de maíz y concentrado. El consumo de forraje de las vacas se estimó con dos métodos: 1) diferencia entre forraje ofrecido (FO) y residual (FR), y 2) determinación de producción fecal con marcadores. El consumo de forraje de las borregas se estimó como la diferencia entre FO y FR. La composición del forraje se estimó mediante muestras de pastoreo simulado en cada unidad experimental; para estimar sus composiciones botánica, morfológica y nutricional. El consumo de las vacas estimado con marcadores fue 21 % mayor ($P<0.05$) en Pmix. El consumo de las borregas tendió ($P=0.07$) a ser mayor en praderas jóvenes. La proporción de alfalfa en el forraje consumido por las vacas fue mayor bajo Pmix y en praderas jóvenes ($P<0.05$) y la de ovillo mayor ($P<0.05$) bajo Pmon y en praderas viejas. La proporción de alfalfa en el forraje consumido por las borregas fue mayor en praderas jóvenes y la de ovillo en praderas viejas ($P<0.05$). El contenido de PC del forraje consumido por las vacas no fue afectado por método de pastoreo o edad de las praderas ($P>0.05$). La proporción de PC en el forraje consumido por las borregas fue mayor ($P<0.05$) en praderas viejas durante O-I. FDN y FDA del forraje consumido por las vacas fueron mayores bajo Pmon ($P<0.05$) que con Pmix; mientras que en el caso de las borregas fueron mayores ($P<0.05$) en praderas jóvenes durante O-I que en el resto de las praderas. Bajo Pmix las vacas tuvieron mayor consumo y forraje con mayor proporción de alfalfa y con mejor composición nutricional, en tanto que el consumo y la composición del forraje consumido por las borregas respondió a sus requerimientos; el pastoreo mixto de vacas con borregas como seguidoras constituye una propuesta tecnológica aceptable.

Palabras clave: consumo de forraje, pastoreo mixto, líderes y seguidores, *Medicago sativa* L., *Dactylis glomerata* L.

GENERAL ABSTRACT

MIXED GRAZING OF DAIRY COWS WITH EWES AS FOLLOWERS IN ALFALFA-ORCHARD

The objectives were to estimate the intake and herbage composition of dairy cows as leaders and ewes as followers in pastures of alfalfa (*Medicago sativa* L.) with orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) of different ages, during spring-summer (S-S) of 2013 and autumn-winter (A-W) of 2014. Two treatments were evaluated, mixed grazing of dairy cows with ewes as followers and single grazing with dairy cows. The design was completely randomized with two replicates per paddock; the experimental units were groups of animals and their respective grazed areas. The total intake (kg DM 100 kg LW⁻¹d⁻¹) of ewes and cows was determined by adding the amounts of daily intakes of herbage, corn silage and concentrated food. The herbage intake of the cows was estimated using two methods: 1) difference between offered (OH) and (RH) residual herbage, and 2) determination of fecal production with markers. The herbage intake of the ewes was estimated as the difference between OH and RH. The herbage composition was estimated by simulated grazing samples in each experimental unit; to estimate their botany, morphological and nutritional compositions. The intake of cows estimated with markers was 21% higher ($P < 0.05$) in Pmix. The intake of ewes tended ($P = 0.07$) to be greater in young pastures. The proportion of alfalfa in the herbage consumed by cows was higher under mixed grazing and young pastures ($P < 0.05$) and that of orchard was higher ($P < 0.05$) under single grazing with cows and old pastures. The proportion of alfalfa in the herbage consumed by ewes was higher in young pastures and that of orchard in old pastures ($P < 0.05$). The CP content of the herbage consumed by cows was not affected by age of pastures or grazing method ($P > 0.05$). The proportion of CP in the herbage consumed by ewes was higher ($P < 0.05$) in old pastures during A-W. NDF and ADF in herbage consumed by cows were higher under single ($P < 0.05$) than with mixed grazing. Also, these components were higher ($P < 0.05$) in herbage consumed by ewes from young pastures during A-W than that from the rest of pastures. Cows in mixed grazing had higher intake and herbage with higher proportion of alfalfa and better nutritional composition, while the intake and the composition of herbage consumed by ewes matched their requirements; therefore, mixed grazing of cows with ewes as followers constitute an acceptable technological option.

Key words: forage intake, mixed grazing, leaders and followers, *Medicago sativa* L., *Dactylis glomerata* L.

Thesis of Master of Science in Livestock Innovation
Author: Juan Daniel Jiménez Rosales
Advisor: Ricardo D. Améndola Massiotti

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Los sistemas de producción de leche bajo pastoreo son opciones atractivas para reducir los costos de producción y los forrajes bajo riego son componentes esenciales de tales sistemas (Améndola *et al.*, 2006). La investigación focalizada a la producción de leche bajo pastoreo en el centro de México se ha basado principalmente en el uso de praderas perennes de alfalfa (*Medicago sativa*) con pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y durante el invierno praderas anuales de avena (*Avena sativa*) con raigrás anual (*Lolium multiflorum*) (Améndola, 2002).

El desempeño productivo de las vacas en pastoreo está determinado principalmente por el consumo de forraje, ya que de acuerdo con Mertens (1994) entre 60 y 90 % de las variaciones en desempeño animal son explicadas por las variaciones en consumo y solamente de 10 a 40 % por las variaciones en digestibilidad; debido a esto las estrategias de manejo de pastoreo en sistemas pastoriles deben ser orientadas a incrementar el consumo de forraje por los animales. Dada la importancia del consumo sobre el desempeño animal, se incluye en el Capítulo 2 (Revisión de literatura) de esta tesis una revisión amplia sobre el consumo de animales en pastoreo.

De acuerdo con Améndola *et al.* (2006), la producción de corderos en el centro de México es otra actividad que se desarrolla bajo pastoreo, la alimentación de las borregas de cría está basada en el pastoreo de praderas y uso de alimentación suplementaria con residuos de cultivos y grano de maíz durante la segunda mitad de la estación seca; el nivel nutritivo del rebaño es habitualmente muy bajo, lo que determina porcentajes de destete bajos y normalmente con un solo nacimiento por borrega por año. Sin embargo, la producción ovina también se desarrolla bajo pastoreo de praderas irrigadas con especies introducidas entre las que destacan: alfalfa, trébol (*Trifolium repens*), ovillo, ballico (*Lolium perenne*) y festuca (*Festuca arundinacea*) (Partida *et al.*, 2013). Por su parte, Macedo y Castellanos (2004) reportaron que el costo de alimentación de la borrega de cría antes del destete representa 80 % de los costos totales de producción. Asimismo, los costos de producción

de corderos son altos, en relación a los ingresos por kilogramo de cordero destetado (González *et al.*, 2003).

La estrategia de manejo de pastoreo que se planteó en esta investigación para tratar de disminuir los costos de alimentación de las ovejas de cría en sistemas pastoriles con praderas dominadas por alfalfa fue el pastoreo de líderes y seguidores; esta es una estrategia de pastoreo rotacional, que permite alimentar animales con diferentes necesidades nutritivas (Silveira, 2013). En este sistema el grupo de mayores requerimientos (líderes) ingresa a los potreros antes que el grupo de menores requerimientos (seguidores), los animales líderes seleccionan una dieta de alta calidad acorde a su nivel productivo y los seguidores utilizan el forraje residual que dejan los líderes; lo que permitiría hacer un uso más eficiente del recurso forrajero y disminuir el costo de alimentación del grupo de menores requerimientos.

El pastoreo intenso de borregas de cría en el forraje residual de vacas lecheras sobre praderas de alfalfa-ovillo debe generar un rebrote más tierno con mayor proporción de hojas y predominancia de alfalfa. Dado que la asociación es dominada por alfalfa, estos cambios no deben afectar su productividad. Con ello se mejoraría el consumo y la calidad del forraje de las vacas. Si en el sistema de pastoreo de vacas lecheras con borregas de cría como seguidoras, el consumo y la calidad del forraje de las borregas responde a sus requerimientos nutricionales, se alimentaría prácticamente gratis las borregas de cría.

Con base en lo anterior el objetivo de esta investigación fue generar información sobre el consumo y la composición nutricional del forraje de vacas en pastoreo mixto con borregas como seguidoras en praderas de alfalfa-ovillo. Al respecto, se incluyen en el Capítulo 3 los resultados de consumo y en el Capítulo 4 los resultados de composición del forraje.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Consumo de forraje por rumiantes en pastoreo

El consumo de forraje y su digestibilidad son los factores más importantes que determinan el suministro de nutrientes a un animal en pastoreo y por ende su desempeño productivo (Poppi, 2011). Al respecto, Mertens (1994) señaló que entre 60 y 90 % de las variaciones en desempeño animal son explicadas por las variaciones en consumo y sólo de 10 a 40 % por las variaciones en digestibilidad.

Debido al importante efecto que tiene el consumo de forraje de los rumiantes en pastoreo sobre su desempeño productivo y con el fin de explicar el proceso de consumo y los componentes que determinan la cosecha de forraje, en esta revisión se desarrollarán temas relacionados con i) la regulación del consumo de forraje, ii) la estrategia de forrajeo, iii) el comportamiento ingestivo. Adicionalmente, se abordarán los principales factores que afectan el consumo de forraje en pastoreo, y finalmente se tratarán temas relacionados con la selección de la dieta en pastoreo y algunas de las metodologías más utilizadas para determinar el consumo en pastoreo.

2.1.1 Regulación del consumo de forraje

La regulación de consumo de alimento en los animales es un proceso muy complejo que se ha tratado de explicar a través de diversas teorías, las cuales se basan en factores físicos y metabólicos relacionados con: la distensión gástrica, concentración de glucosa en sangre, temperatura hipotalámica, reservas de grasa corporal y nivel de aminoácidos en plasma. Sin embargo, como señala Forbes (2007), ninguna de estas teorías descritas hasta ahora puede explicar la forma en que el consumo es controlado bajo todas y cada una de las circunstancias.

La regulación del consumo en rumiantes alimentados con forrajes es controlada por factores físicos y fisiológicos relacionados con la capacidad del tracto digestivo (Allison, 1985; Allen 2000; Forbes; 2007; Poppi, 2011), en los que la distensión del rumen y la tasa de desaparición del alimento en el rumen

son los factores determinantes. Sin embargo la demanda de nutrientes por los rumiantes también influye en la regulación de consumo; Van Soest, (1994) menciona que la demanda de energía del animal define el consumo de dietas altas en energía en tanto que la capacidad del tracto digestivo determina el consumo de dietas de bajo valor nutritivo y bajo contenido de energía.

2.1.2 Estrategia de forrajeo en rumiantes

El proceso de cosecha de forraje por rumiantes en pastoreo puede identificarse en diferentes escalas de tiempo y espacio dentro de comunidades vegetales. De esta manera, la estrategia de forrajeo de animales en pastoreo (Figura 1) se compone de decisiones de cosecha que están integradas desde escalas de tiempo y espacio muy pequeñas, como un segundo y escasos centímetros cuadrados (toma de un bocado), hasta las mayores escalas como meses y kilómetros cuadrados (selección de hábitat) .

Una vez que un bocado ha sido cosechado por el animal en las escalas más pequeñas, el pastoreo puede continuar dentro de la misma estación de alimentación (área en la que el animal selecciona bocados sin mover sus patas delanteras) durante 5 a 100 segundos, hasta que la tasa de ingestión de los últimos bocados cae por debajo de un determinado umbral; en ese momento las decisiones de cosecha se desplazan hacia la próxima escala jerárquica, en la que se realizará la selección de una nueva estación de alimentación (Laca, 2000).

Si la tasa de ingestión dentro de las últimas estaciones de alimentación ha caído por debajo de determinado umbral, el animal seleccionará una nueva área (patch) en el que permanecerá entre una y cuatro horas, dependiendo de los niveles de tasa de ingestión. Por tanto, el cambio entre escalas está gobernado por la tasa de ingestión de las últimas escalas. Sin embargo, la decisión del tiempo de pastoreo, es decir, la duración de cada comida (grazing bout) y su número, también puede estar influenciada por diferentes factores; los cuales pueden ser clasificados como factores bióticos como la disponibilidad y calidad de forraje y abióticos como la topografía del área y la distancia al acceso de agua (Bailey *et al.*, 1996). En una revisión del tema,

Gregorini *et al.* (2008) indicaron que en la regulación de la duración de una comida operan factores de saciedad, de tasa de desaparición, de patrones de fermentación ruminal y de expectativas de consecuencias de absorción ruminal.

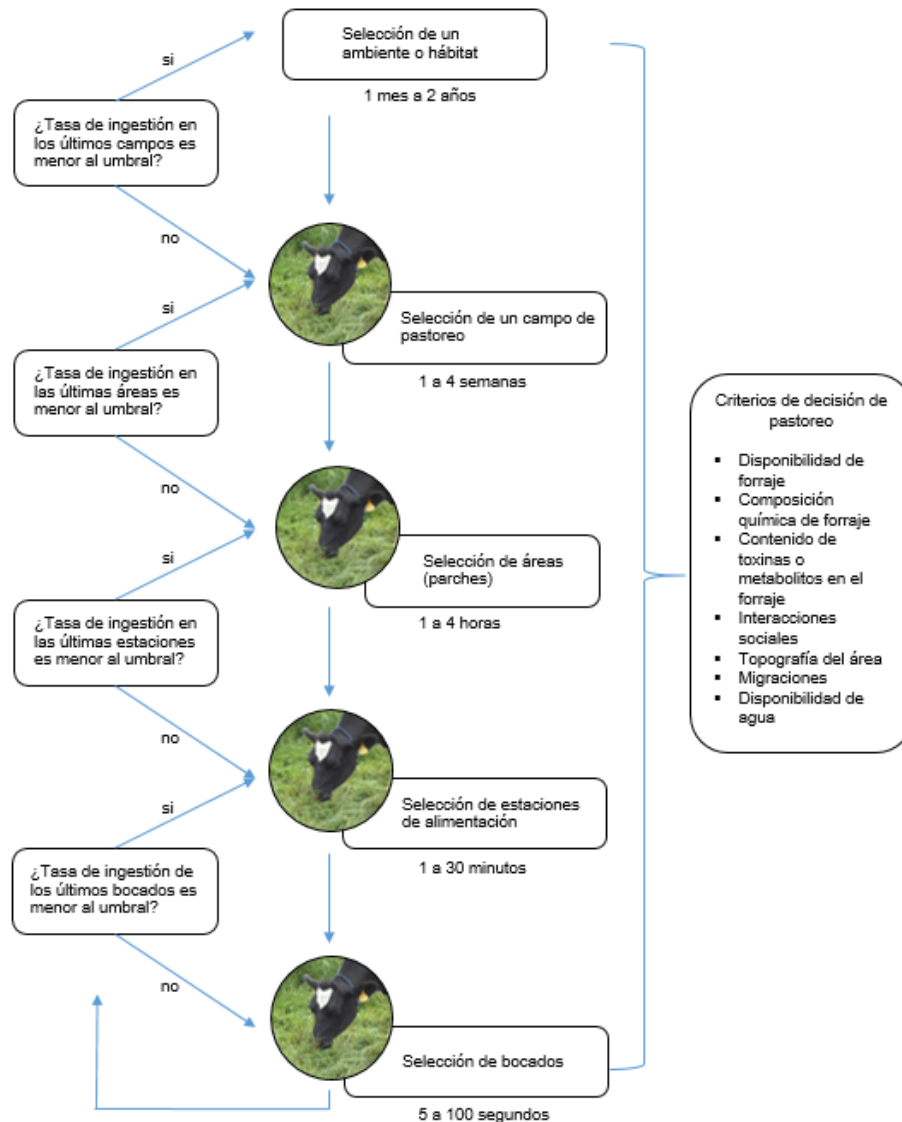


Figura 1. Decisiones de pastoreo por rumiantes desde pequeñas a grandes escalas de tiempo y espacio (Adaptado de Bailey *et al.*, 1996 y Laca, 2000).

2.1.3 Comportamiento ingestivo

Para entender mejor el consumo en pastoreo es útil el enfoque de comportamiento ingestivo, que comprende el conjunto de actividades que realiza un animal en pastoreo y que conducen a determinada cosecha diaria de forraje.

Antes de describir los componentes del comportamiento ingestivo es importante definir la unidad fundamental del consumo que es el peso del bocado. De acuerdo con Ungar (1996), la obtención de un bocado por un animal se define como la colocación de forraje en la boca y su desprendimiento por medio de un conjunto de movimientos de la boca y la cabeza. Los movimientos de la boca son de dos tipos, de aprehensión y de masticación, mientras que los de la cabeza son aquellos que permiten lograr la ruptura del forraje reunido dentro de la boca. En el caso de los bovinos, la lengua también es utilizada para barrer el forraje hacia dentro de su boca y para ampliar el área de bocado (Laca *et al.*, 1992); en el caso de los ovinos son los labios la herramienta usada para esta operación (Navon *et al.*, 2013).

En una de las publicaciones que originalmente utilizaron el enfoque de comportamiento ingestivo, Allden y Whittaker (1970) indican que el consumo de forraje de los animales en pastoreo se describe aritméticamente por el producto de dos componentes (Figura 2): tasa de ingestión (TI) y tiempo de pastoreo (TP). Sin embargo, en su revisión sobre este tema Cosgrove y Edwards (2007) amplían la descripción de dichos componentes, definiendo la TI como el producto de tasa de bocados (TB) y peso de bocado (PB); la TB está influenciada por movimientos mandibulares de aprehensión y masticación, los cuales pueden ser diferenciados con equipos que registran el comportamiento ingestivo de animales en pastoreo (Penning y Rutter, 2004; Ungar y Rutter, 2006). A su vez, Cosgrove y Edwards (2007) descomponen el TP en número de comidas y duración de las mismas.

El PB se considera el producto del volumen del bocado (VB) y la densidad de masa de forraje (DF) (Cosgrove y Edwards, 2007); el VB no es el de la cavidad bucal, sino más bien el volumen ocupado por el forraje donde fue tomado el bocado, el cual se ha considerado como un cilindro de área y profundidad determinadas. La profundidad del bocado es definida como la diferencia entre la altura media inicial y la altura residual medida después del pastoreo, mientras que en estudios con microtapices el área del bocado se calcula como el cociente del área total pastoreada entre el número de bocados realizados (Ungar, 1996).

La estructura de la pradera es una determinante importante del PB y la TI, lo cual se demostró a partir de las investigaciones de Alden y Whittaker (1970), y de los estudios basadas en el uso de microtapices (Black y Kenney 1984; Laca *et al.*, 1992).

El TP debe considerar escalas de tiempo definidas, ya que a través del día, además de actividad de pastoreo hay periodos de rumia y otras actividades; por tanto, en la ecuación de consumo tales escalas de tiempo deben ser de pastoreo activo, el cual está determinado por el número y duración de comidas durante el día (De Faccio *et al.*, 2013). La mayor actividad de pastoreo de vacas lecheras en clima templado ocurre fundamentalmente en tres sesiones de pastoreo (comidas), por la mañana, a medio día y al final del día (Rook *et al.*, 1994; Gibb *et al.*, 1997); semejantes patrones de actividad de pastoreo también han sido reportados en ovinos (Penning *et al.*, 1991).

2.2 Factores que afectan el consumo de forraje en pastoreo

El consumo de forraje por animales en pastoreo está determinado por diversos factores relacionados con las características de las plantas como la estructura de la pradera y la composición química del forraje. Además, operan factores relacionados con el manejo del pastoreo como la asignación diaria de forraje, la carga animal, así como los niveles de suplementación.

2.2.1 Estructura de la pradera

En diversas investigaciones relacionadas con el sistema planta-animal que se han realizado en los años recientes (Wade y Carvalho, 2000; Tharmaraj *et al.*, 2003; Smit *et al.*, 2005; Da Silva *et al.*, 2013), se ha demostrado que el consumo de forraje está asociado positivamente con la altura de la pradera y las masas de forraje y hoja verde. El peso del bocado y la tasa de ingestión se incrementan a medida que aumenta la altura de la pradera.

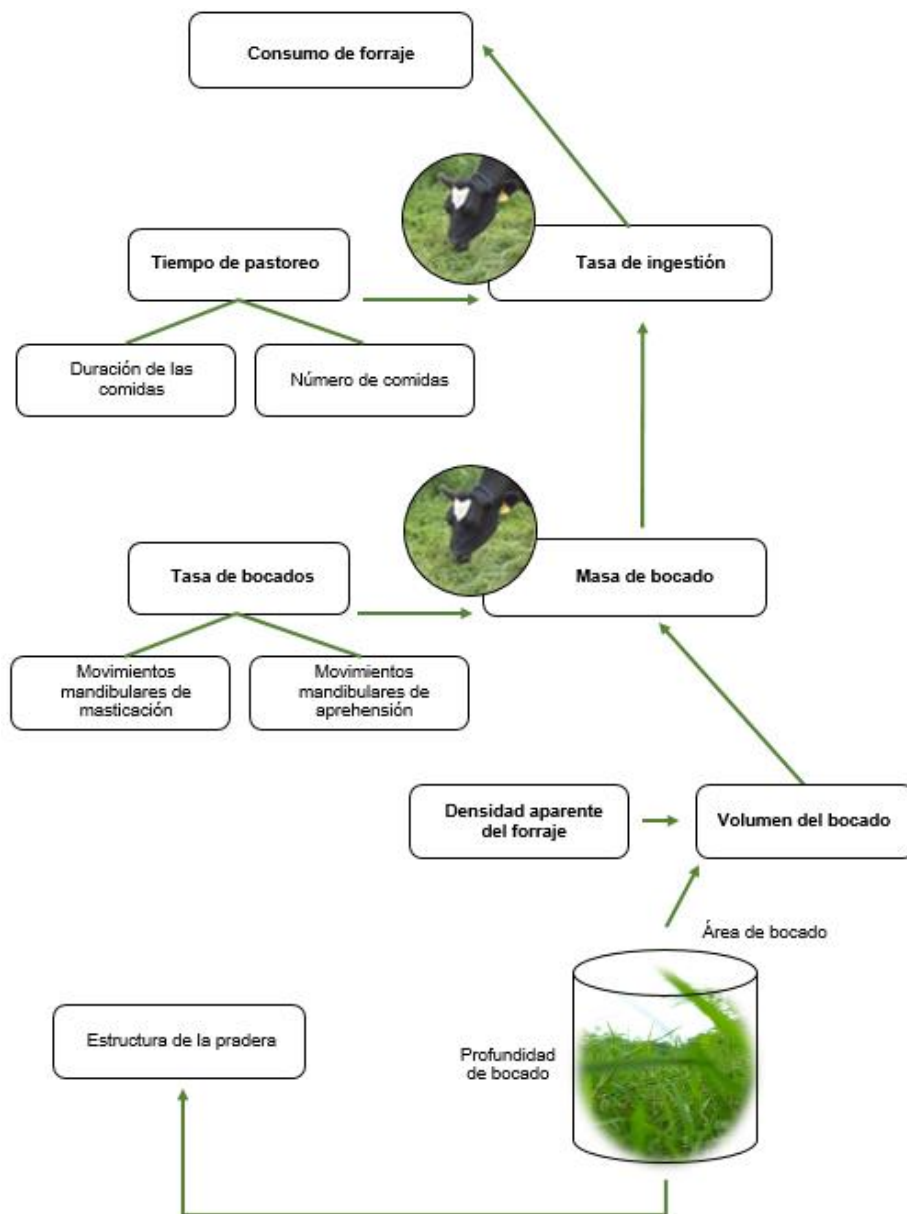


Figura 2. Componentes del comportamiento ingestivo (Adaptado de Hodgson, 1990; Cosgrove y Edwards, 2007 y De Faccio *et al.*, 2013).

Desde la publicación de Hodgson (1985), se aceptó que la altura de las praderas templadas en estado vegetativo es el principal factor que determina el PB y por tanto el consumo de forraje de animales en pastoreo de praderas templadas en estado vegetativo. No todos los resultados conducen en la misma dirección, ya que Penning *et al.* (1994) encontraron que el mejor predictor de consumo en ovinos fue la masa de hoja verde, independientemente de la masa total de forraje o altura de la pradera. Por su parte, en el caso de las praderas tropicales, a partir del trabajo clásico de Chacon y Stobbs (1976) se consideró de mayor importancia la densidad de

hoja verde. No obstante, los resultados recopilados por Carneiro *et al.* (2007) ponen de manifiesto que también en el caso de praderas tropicales, si se mantienen doseles con relativamente alta densidad de hojas verdes, el PB es afectado por la altura del dosel de manera similar que en praderas templadas.

El PB es el principal determinante del consumo diario de forraje por animales en pastoreo, el cual está en función del área, profundidad y densidad aparente del bocado (Laca *et al.*, 1992). Como ya se indicó, la profundidad del bocado está en función de la altura de la pradera; sin embargo, en su efecto sobre el PB hay una interacción negativa con la densidad aparente del forraje; de modo que a baja densidad aparente la pendiente de profundidad de bocado como una función de altura de la pradera es aproximadamente 0.5, significando que el animal remueve la mitad de la altura (Ungar, 1996). La relación entre profundidad del bocado y densidad aparente del forraje también fue analizada por Black y Kenney (1984), quienes encontraron que, al incrementar la densidad aparente del forraje se afectó negativamente la profundidad del bocado.

Griffiths *et al.* (2003b) evaluaron la profundidad del bocado en relación con la estructura del dosel forrajero en parcelas de raigrás perenne con trébol blanco y encontraron que en parcelas en estado vegetativo con mayor cantidad de hoja, rebrote y forraje residual de origen vegetativo, la profundidad del bocado estuvo relacionada con la altura de la parcela. No obstante, cuando aumentó la relación hoja: tallo entre estratos, la profundidad de bocado estuvo relacionada con la profundidad del rebrote. Por el contrario, Mezzalana *et al.* (2014) encontraron que el PB inicialmente aumentó, y luego disminuyó con el aumento de altura de la pradera, un resultado que parece ser debido a un cambio en el comportamiento ingestivo durante la cosecha de bocados. Sin embargo, para que el PB disminuya, uno o más de estos tres factores (profundidad, área y densidad aparente) tienen que disminuir.

El PB y en consecuencia el comportamiento ingestivo de los animales también es afectado por el grado de agotamiento de la pradera que ocurre en el corto plazo a través del día. Ungar (1996) define las situaciones de pastoreo en franjas como de rápido agotamiento del recurso forrajero, y que esta

característica modifica el comportamiento ingestivo en corto plazo. Coincidiendo con este enfoque, Barrett *et al.* (2001) evaluaron el comportamiento de pastoreo, consumo y características de la pradera; durante un día a cada hora en praderas que se van agotando y en praderas no pastoreadas a través del día. La altura de la pradera, masa de forraje disponible, proporción de hoja y masa de hoja verde disminuyó con el progreso del día y por tanto el PB se redujo con el agotamiento de la pradera, produciendo un comportamiento de consumo variable.

De manera similar, Améndola (2002) encontró que un modelo mecánico con efectos del agotamiento de la masa de forraje sobre el PB permitía interpretar las diferencias en consumo por efecto de diferentes asignaciones diarias de forraje. En situaciones de manejo diferente, en las que las praderas no presentaron cambios en su condición durante el día, la tasa de ingestión fue constante y el comportamiento del consumo fue similar a través del día. Es evidente que la reducción del consumo está asociada con cambios en el dosel de la pradera, en particular con la reducción de altura de la pradera (McGilloway *et al.*, 1999; Da Silva *et al.*, 2013).

Los animales incrementan la tasa de bocados en respuesta a la baja altura del dosel (Da Silva *et al.*, 2013). De acuerdo con Ungar (1996), ello se debe a que con la reducción del PB aumenta la relación entre movimientos mandibulares de aprehensión y de masticación, por lo que el animal está en condiciones de aumentar su tasa de bocados. Esa compensación mecánica sólo es suficiente para evitar reducción en la tasa de ingestión ante disminuciones no muy marcadas en el PB.

El aumento del tiempo de pastoreo cuando se reduce el PB es una estrategia eficaz para tratar de compensar reducción en la tasa de ingestión (Allden y Whitakker, 1970; Hodgson 1990; Penning, *et al.*, 1991; Gibb *et al.*, 1999; Prache y Delagarde, 2011) o cuando el tiempo permitido de acceso al forraje es restringido (Kennedy *et al.*, 2009). Por diferencias en comportamiento animal, la respuesta se presenta en pastoreo continuo y rotacional pero no así en pastoreo en franjas (Chilibroste 1999; Améndola, 2002). Con el aumento

de tiempo de pastoreo no se compensa completamente la disminución de la cantidad de forraje ingerido (Ungar, 1996).

Finalmente, de acuerdo con Boval *et al.* (2007) se concluye que las relaciones reportadas entre características estructurales de la pradera y el comportamiento ingestivo de animales en pastoreo son similares en diversas investigaciones; en las que se destaca la altura del dosel como uno de los componentes que se correlaciona en mayor medida con profundidad de bocado, PB y tasa de bocados, y por consecuencia con el consumo diario de forraje.

2.2.2 Composición química de forraje

La regulación de consumo de forraje es compleja y está determinada por características del animal, como sus requerimientos de energía y capacidad de consumo. Sin embargo, la composición química del forraje y digestibilidad del mismo, también influyen sobre el control del consumo (Prache y Delagarde, 2011).

La digestibilidad y el contenido de fibra detergente neutro (FDN) son los componentes químicos que afectan negativamente el consumo de forraje de los rumiantes. A partir de la década de los 60 se concluyó que hay una correlación positiva entre la digestibilidad del forraje y el consumo del mismo por rumiantes, debida principalmente a una limitación física del tracto digestivo (Forbes, 2007). En relación con lo anterior, Van Soest (1965) señaló que el consumo en ovinos se relacionó mejor con el contenido de FDN del forraje que con otros componentes químicos. Asimismo, a partir de diversos resultados de la literatura, cuando el grano en la dieta fue sustituido por forraje, Allen (2000) mostró que, el consumo de materia seca de vacas declinó con el incremento de FDN. Meyer *et al.* (2010) reportan patrones similares de disminución de consumo en bovinos y ovinos al incrementar la FDN del forraje.

En una investigación de comportamiento ingestivo de vaquillas, Mezzalira *et al.* (2014) reportaron que *Cynodon* sp. requiere más masticación por unidad de consumo de materia seca que *Avena strigosa*, debido a su mayor contenido de materia seca (MS) y fibra.

El bajo contenido de MS de pastos frescos es un factor que también afecta el consumo en rumiantes, debido al alto contenido de agua, que es considerado un factor que regula consumo (Forbes, 2007). El contenido de agua en el forraje puede ser variable; Roca-Fernandez y Gonzalez-Rodriguez (2013) mencionan que el contenido de humedad en forrajes puede variar desde 85 % en la primavera temprana hasta 75 % a mediados del verano. En investigaciones en las que se comparó el consumo y comportamiento ingestivo de vacas lecheras y novillos con tratamientos de forraje con menor y mayor contenido de MS (Cabrera-Estrada *et al.*, 2004; Galli *et al.*, 2006), se obtuvo que hubo mayor consumo en forrajes con menor contenido de humedad, debido a que al aumentar el contenido de humedad, el requerimiento de masticación por unidad de materia seca consumida fue mayor. El contenido de agua interna del forraje es el que actúa como regulador del consumo, ya que Cabrera-Estrada *et al.* (2004) encontraron que el contenido de agua superficial del forraje no afectó el consumo de materia seca.

2.2.3 Manejo de pastoreo

Los factores de manejo de pastoreo que afectan el consumo de forrajes por rumiantes, que más se han investigado, son asignación diaria de forraje (ADF) y carga animal. Por otra parte, también han sido estudiados los efectos reductores de la suplementación sobre el consumo de forraje.

Asignación de forraje y carga animal

A partir de la revisión de más de 50 artículos, donde se evaluó el efecto de la ADF de especies templadas en el consumo de vacas lecheras y otras medidas adicionales, Pérez-Prieto y Delagarde (2013), concluyeron que a medida que aumenta la ADF el consumo se incrementa. Al pasar de ADF baja (14 kg MS ha⁻¹), media (27 kg MS ha⁻¹) a alta (41 kg MS ha⁻¹) el consumo de forraje aumentó de 130, 210 a 280 g kg MS⁻¹ asignada. De acuerdo con los análisis de las situaciones de agotamiento rápido del recurso, mencionado por Ungar (1996), este efecto se explica por el aumento de la masa de forraje promedio (del período de ocupación), al pasar de ADF bajas a altas lo que ocasiona,

incrementos en PB que determinan mayores tasas de ingestión y consumo diario de forraje. Finalmente como señalan Pérez-Prieto y Delagarde (2013) el nivel de ADF es el factor de manejo de pastoreo (rotacional) con mayor impacto sobre el grado de utilización de la pradera y el desempeño productivo de vacas lecheras.

La carga animal también causa efecto importante en el comportamiento ingestivo de los herbívoros (Harvey *et al.*, 2000; McCarthy *et al.*, 2007). En un estudio con ovejas el tiempo de pastoreo y el consumo de forraje fueron 32 % mayores a baja carga animal (21.3 vs 29.8 ovejas ha⁻¹ Harvey *et al.*, 2000); mientras que en otra investigación con vacas Holstein de diferentes tipo racial (Americanas y Neozelandesas) el consumo de forraje fue 8 % mayor (Americanas) y 2 % mayor (Neozelandesas) cuando la carga animal fue baja (2.47 vs. 2.74 vacas ha⁻¹ McCarthy *et al.*, 2007).

Nivel de Suplementación

En la mayoría de los sistemas de producción animal basados en forrajes es común el uso de suplementos durante la época de escasez de forraje; sin embargo, en sistemas lecheros pastoriles es necesario el uso de suplementos energéticos a través de todo el año ya que de acuerdo con Nicol y Brookes (2007), la energía es el nutriente limitante más común para la producción en pastoreo. No obstante, cuando se utilizan suplementos en rumiantes en pastoreo, se presenta una tasa de sustitución; la cual Forbes (2007) define como la reducción en consumo de forraje por una unidad de incremento de suplemento consumido. La tasa de sustitución en el caso de vacas lecheras suplementadas con alimento concentrado, usualmente varía de 0.4 a 0.7 (Bargo *et al.*, 2003).

En diferentes experimentos con vacas en pastoreo se ha reportado que a medida que se incrementa el nivel de suplemento, la cantidad de forraje consumido disminuye debido al efecto de sustitución (Bargo *et al.*, 2003; Morrison y Patterson, 2007; Ramírez-Mella *et al.*, 2010; Macoon *et al.*, 2011). Sin embargo, a pesar de la tasa de sustitución el consumo de materia seca total se incrementa con la suplementación (Balocchi *et al.*, 2002). Por otra

parte, otra ventaja adicional que mencionan Ramírez-Mella *et al.* (2010) es que debido a la tasa de sustitución se puede incrementar la carga animal y en consecuencia la producción de leche por hectárea.

2.2.4 Factores del animal

El consumo de MS en rumiantes puede estar regulado por factores relacionados con el animal, como tamaño, edad, estado fisiológico o raza. El tamaño del animal determina la dimensión del tracto gastrointestinal; por lo que este último es un factor limitante del consumo de alimento. Asociado a esto Allen (2000) señala que un factor físico que con frecuencia limita el consumo de materia seca en vacas lactantes es el grado de distensión del retículo-rumen u otros compartimentos del tracto gastrointestinal. De manera similar, Forbes (2007) señaló que los bovinos, como con otras especies, incrementan su consumo con la edad, eventualmente alcanzando una asíntota. Sin embargo, el mismo autor mencionó que cuando el consumo de bovinos en crecimiento es representado frente a su peso metabólico, hay una disminución constante con el aumento de peso.

El consumo de alimento de rumiantes en pastoreo responde también a cambios en su estado fisiológico; principalmente durante el estro, la gestación y la lactancia. Forbes (2007) señala que el consumo disminuye durante el estro, debido a que las hembras emplean tiempo respondiendo al macho y por tanto menos tiempo comiendo; aunque esta situación se presenta cuando ambos se encuentran alojados cerca o en el mismo sitio. Además, este mismo autor menciona que la disminución en el consumo también responde al incremento de estrógenos durante el estro.

Durante la gestación el consumo también puede incrementar (Penning *et al.*, 1995); especialmente cuando la demanda de nutrientes por la etapa comienza a incrementar (mitad de gestación), aunque este incremento es proporcionalmente pequeño (Forbes, 2007). Sin embargo, este último autor también menciona que hay una disminución de consumo en la última etapa de la gestación, por efecto de factores físicos asociados con el crecimiento del

útero que comprime el rumen y por factores endocrinos asociados con el parto.

Las hembras lactantes tienen mayor consumo que hembras no lactantes (Penning *et al.*, 1995; Gibb *et al.*, 1999); debido al incremento en la necesidad de nutrimentos para mantener la síntesis de leche, aun cuando en vacas y ovejas la movilización de reservas también es un factor importante que ayuda a mantener la producción de leche (Forbes, 2007).

El tipo racial de vacas lecheras también tiene un efecto sobre el consumo de forraje. McCarthy *et al.* (2007) evaluaron el consumo en vacas Holstein-Friesian de diferente tipo racial: 1) altas productoras (Holstein americanas), 2) alta persistencia (Holstein americanas), y 3) Holstein neozelandesas. Las vacas Holstein americanas altas productoras tuvieron mayor consumo de materia seca; debido a la mayor demanda de nutrimentos para la producción de leche.

2.3 Estimación de consumo de forraje en pastoreo

Debido a que el consumo de forraje por rumiantes en pastoreo determina su desempeño productivo, tanto el consumo como la calidad del forraje seleccionado han sido variables clave de muchas investigaciones. Sin embargo, Ungar (1996) señaló que dichas variables son difíciles de medir y existe duda de la precisión de algunas técnicas para medir el consumo de forraje por animales en pastoreo.

Existen diversas técnicas para estimar el consumo de forraje; como las técnicas basadas en la medición de las praderas (Lantinga *et al.*, 2004), las basadas en mediciones en el animal (Penning, 2004), y las basadas en el comportamiento ingestivo (Penning y Rutter, 2004).

2.3.1 Diferencia de masas de forraje

Un método para estimar el consumo de forraje de animales en pastoreo se basa en la diferencia de masas de forraje ofrecido y residual. Las masas de forraje son estimadas al inicio y al final del periodo de pastoreo y se parte de

la base que la magnitud de esa diferencia es el forraje consumido por los animales por unidad de área (Lantinga *et al.*, 2004).

No obstante, la técnica no permite estimar consumo individual y se recomienda en sistemas de pastoreo rotacional bien manejados donde los periodos de ocupación son cortos (Macon *et al.*, 2003) y la presión de pastoreo es alta; por ejemplo en sistemas de pastoreo en franjas (Lantinga *et al.*, 2004). Una ventaja adicional de esta técnica es que provee información sobre la ADF y el grado de utilización de la pradera, lo que permite estimar variaciones del consumo en muy corto plazo (menor a un día).

2.3.2 Producción fecal y digestibilidad de la dieta

La estimación de consumo de forraje a partir de la producción fecal (PF) y la digestibilidad de la dieta es una técnica basada en el animal utilizada frecuentemente (Penning, 2004). La técnica parte de la base de que la PF corresponde a la fracción no digerida de la dieta (Ecuación 1), por tanto la precisión para estimar el consumo a través de dicha técnica depende de la precisión en las mediciones de la PF y la digestibilidad de la dieta.

$$C = \frac{PF}{(1 - D)} \quad (1)$$

Donde

C: Consumo (kg MS d⁻¹)

PF: Producción fecal (kg MS d⁻¹)

D: Fracción digestible (digestibilidad/100)

Estimación de producción fecal

De acuerdo con Penning (2004), la estimación de la PF puede hacerse de manera directa en el animal, mediante el uso de bolsas que son colocadas en el animal con un arnés para colecta de heces. Sin embargo, la bolsa puede afectar el comportamiento de pastoreo de los animales; además, en hembras puede haber contaminación con orina y pueden presentarse pérdidas de heces y orina.

Otras técnicas para estimar la PF de manera indirecta se basan en el uso de marcadores; un marcador que ha sido ampliamente utilizado es el óxido de cromo (Cr_2O_3) debido a que su tasa de recuperación en las heces es alta y el contenido en los alimentos es bajo (Rodríguez *et al.*, 2007).

El Cr_2O_3 puede suministrarse en cápsulas de gelatina, impregnado en papel filtro, en bolos o en cápsulas de liberación controlada (Penning, 2004). Se recomienda suministrar de 1 a 10 g dos veces al día, considerando que la concentración de cromo en las heces alcanza el estado de equilibrio alrededor de 6 a 7 días después de iniciada su administración (Rodríguez *et al.*, 2007). Para cuantificar la PF se utiliza la Ecuación 2.

$$PF = \frac{DM}{CMH} \quad (2)$$

Donde

PF: Producción fecal (g MS d^{-1})

DM: Dosis del marcador (g MS d^{-1})

CMH: Concentración del marcador en heces (g g^{-1})

2.3.3 Cenizas insolubles en ácido y óxido de cromo

El uso de dos marcadores: cenizas insolubles en ácido (CIA) como marcador interno, y el óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo pueden ser utilizados para predecir el consumo de forraje de animales en pastoreo que son suplementados con alimento concentrado y ensilado. Geerken *et al.* (1987) reportan una ecuación para estimar el consumo por medio de esta técnica, la ecuación adaptada a la situación de suplementación con concentrado y ensilado se presenta como la Ecuación 3.

$$CF = \frac{\{(CIA)_H \times PF\} - [\{(CIA)_C \times CTC\} - \{(CIA)_M \times CTM\}]}{(CIA)_P} \quad (3)$$

Donde

CF: Consumo de forraje (g d^{-1})

(CIA)_H: Concentración de CIA en heces (g kg^{-1} MS)

PF: Producción fecal (kg d⁻¹)

(CIA)_c: Concentración de CIA del concentrado (g kg⁻¹ MS)

CTC: Consumo total de concentrado (kg d⁻¹)

(CIA)_M: Concentración de CIA en el ensilado de maíz (g kg⁻¹ MS)

CTM: Consumo total de ensilado de maíz (kg d⁻¹)

(CIA)_P: Concentración de CIA en el forraje de la pradera (g g⁻¹ MS)

El consumo total de MS se determina sumando las cantidades de MS del forraje de la pradera, ensilado de maíz y concentrado consumidas diariamente.

2.3.4 N-Alcanos

Los n-alcanos son componentes naturales de la cera cuticular de las plantas, predominantemente formados por cadenas impares de 25 a 35 átomos de carbono (Rodríguez *et al.*, 2007). La técnica propuesta para estimar consumo fue descrita por Mayes *et al.* (1986) y en la actualidad es ampliamente utilizada.

Para estimar el consumo de forraje en los animales se suministran n-alcanos de cadena larga con número par de carbonos, con el fin de estimar la producción fecal individual. Considerando que la concentración de dichos componentes pares en las plantas es baja o no detectable, la ecuación para estimar el consumo relaciona las concentraciones de n-alcanos natural (cadenas impares) y sintético (cadenas pares) corresponde a la Ecuación 4.

$$CF = \frac{\{(Hi + Hp) \times Dp\}}{\{Fi - (\frac{Hi}{Hp}) \times Fp\}} \quad (4)$$

Donde

CF: Consumo de forraje (kg MS d⁻¹)

Hi: Concentración de n-alcanos de cadenas impares en heces (mg kg MS⁻¹)

Hp: Concentración de n-alcanos de cadenas pares en heces (mg kg MS⁻¹)

Fi: Concentración de n-alcanos de cadenas impares en forraje (mg kg MS⁻¹)

Fp: Concentración de n-alcanos de cadenas pares en forraje (mg kg MS⁻¹)

Dp: Dosis de administración de n-alcanos de cadena par (mg d⁻¹)

2.3.5 Consumo de forraje a partir del desempeño animal

La estimación de consumo de forraje a partir del desempeño animal consiste en calcular los requerimientos totales de energía (mantenimiento, reproducción y producción) de los animales y relacionarlos con el contenido de energía del forraje consumido; por lo que la precisión del método depende de la precisión para estimar los requerimientos de energía, nivel de producción de los animales y contenido de energía del forraje consumido (Baker, 2004). El método se basa en la hipótesis de que el desempeño productivo de los animales es reflejo de la cantidad de energía ingerida y ésta puede conocerse a partir del conocimiento de los requerimientos de energía de los animales (Macon *et al.*, 2003). El consumo de forraje puede ser estimado también en animales que reciben suplemento empleando la Ecuación 5.

$$CF = \frac{Er - Es}{Ef} \quad (5)$$

Donde

CF: Consumo de forraje (kg MS d⁻¹)

Er: Energía total requerida (Mcal d⁻¹)

Es: Energía del suplemento (Mcal kg MS⁻¹)

Ef: Energía del forraje consumido (Mcal kg MS⁻¹)

2.3.6 Comportamiento ingestivo

El consumo de animales en pastoreo puede estimarse a través de los componentes del comportamiento ingestivo (Ecuación 6). Con este enfoque el consumo de forraje es el producto de tres componentes (Allden y Whittaker, 1970; Hodgson, 1985; Ungar, 1996).

$$CF = TB \times PB \times TP \quad (6)$$

Donde

CF: Consumo de forraje (g MS d⁻¹)

TB: Tasa de bocados (bocados min⁻¹)

PB: Peso de bocado (g MS bocado⁻¹)

TP: Tiempo de pastoreo (min d⁻¹)

Penning y Rutter (2004) señalaron que la observación directa del comportamiento ingestivo puede ser difícil, debido a que es imposible registrar manualmente algunos parámetros como por ejemplo: los movimientos de las mandíbulas a detalle de manera continua en varios animales simultáneamente. Por esta razón, se requieren varios observadores, lo que a su vez pueden producir resultados diferentes entre los mismos individuos y en consecuencia en la interpretación de actividades del comportamiento de los animales en pastoreo.

2.3.7 Sistema de grabación automático y registro acústico

Ante la necesidad de comprender más a detalle el comportamiento de rumiantes en pastoreo y obtener datos de dicho comportamiento con mayor precisión, varios investigadores (Penning, 1983, Penning *et al.*, 1984; Rutter *et al.*, 1997) utilizaron sistemas de grabación automáticos que permitieron emitir señales eléctricas a través de transductores, para poder registrar a detalle los movimientos mandibulares, de masticación y de toma de bocados en rumiantes en pastoreo.

Con el mismo fin, otros investigadores (Delagarde *et al.*, 1998; Laca y Wallis de Vries, 2000; Ungar y Rutter, 2006; Galli *et al.*, 2006; Galli *et al.*, 2011; Navon *et al.*, 2013) han estado empleando en los últimos años, equipos de grabación que registran señales acústicas las cuales también han permitido obtener información detallada del comportamiento ingestivo de ovinos, bovinos y caprinos. Dado que es posible conocer para un determinado forraje el número de bocados requeridos por gramo de MS, esta técnica permite simultáneamente estimar el peso medio de bocados (Ungar *et al.*, 2006). Por lo anterior, en la actualidad el sistema de grabación acústico para registrar el comportamiento ingestivo de animales en pastoreo parece ser la técnica más promisoría y precisa para estimar el consumo.

2.4 Selección por rumiantes en pastoreo

Para comprender el comportamiento de los animales en pastoreo durante la elección o discriminación de ciertas plantas o componentes de las mismas es importante definir los términos de selección y preferencia. De acuerdo con Villalba y Provenza (2009) la selección de un alimento puede interpretarse como la búsqueda de sustancias en el medio ambiente que provean un beneficio homeostático para el animal. Por su parte, la selección en pastoreo es la cosecha de especies o componentes de las mismas dentro de áreas con forraje definidos por el medio ambiente. De esta forma la preferencia representaría la situación (hipotética) del consumo de especies o sus componentes cuando el acceso a todos y cada uno de los componentes es irrestricto (Allen *et al.*, 2011). En otras palabras, selección es la preferencia modificada por el medio ambiente.

La mayoría de las investigaciones de animales en pastoreo se han basado principalmente en consumo de materia seca, con menor énfasis en la selección de la dieta (Villalba *et al.*, 2009). Además la investigación sobre selección y preferencia se ha limitado principalmente a un modelo simple de dos especies, sin considerar que en realidad los rumiantes en libre pastoreo se enfrentan a situaciones más complejas (Soder *et al.*, 2009).

2.4.1 Selección y composición botánica

En condiciones de pastoreo, bovinos y ovinos seleccionan más el forraje verde en crecimiento que el forraje seco, en proceso de maduración o senescencia (Chacón, 2012); de igual manera prefieren hojas en lugar de tallos (Forbes, 2007). Mientras que las cabras seleccionan más hojas y rebrotes tiernos de arbustos (Chacón, 2012).

En un estudio de pastoreo mixto con vacas, borregas y cabras en una situación de pastoreo extensivo Celaya *et al.* (2007) estimaron que la proporción de arbustos en la dieta seleccionada por borregas y cabras estuvo entre 36 y 85 %, mientras que en vacas fue menor a 25 %; Por el contrario, la proporción de especies herbáceas (principalmente gramíneas) seleccionadas por vacas fue alta 75 a 99 % y de 15 a 64 % en cabras y borregas. Estos

resultados coinciden con los reportados hace ya varios años por Van Dyne *et al.* (1980) en su revisión bibliográfica. En un estudio de selección por cabras y borregas en pastoreo de raigrás y trébol, Concha y Nicol (2000) reportaron que en ambas especies animales las proporciones seleccionadas aproximadamente fueron de 30 % raigrás y 70 % trébol, cuando fueron ofrecidas en praderas de altura similar (13 cm). Boland *et al.* (2012) reportaron mayor proporción de alfalfa (70 a 79 %) en la composición botánica del forraje seleccionado por bovinos pastoreando praderas de alfalfa y festuca.

2.4.2 Selección y características de la pradera

Al igual que en consumo de forraje, las características estructurales de la pradera también influyen en la selección de animales en pastoreo. La altura y el estado vegetativo o reproductivo de la pradera son características determinantes del comportamiento selectivo de ovinos y bovinos.

En un experimento realizado en parcelas de raigrás perenne con trébol blanco Griffiths *et al.* (2003a) reportaron que vacas lecheras prefirieron seleccionar parcelas de mayor altura y en estado vegetativo; mientras que en parcelas con tallos en floración, las vacas pastorearon selectivamente parcelas con menor cantidad de material muerto que en lugar de parcelas con estratos de material muerto más altos. Aunque ambos tipos de áreas ofrecieron una profundidad de rebrote similar; las mismas vacas no mostraron preferencia por parcelas con mayor proporción de hoja.

Por otra parte, Dumont *et al.* (1995) señalaron que ovinos y bovinos prefieren pastorear pasto ovillo en estado vegetativo que en estado reproductivo; el tiempo de pastoreo en pasto vegetativo fue mayor para ambas especies y aumentó con la altura de la pradera. Lo anterior indica que durante las decisiones de pastoreo de bovinos y ovinos; la profundidad del rebrote, estado de madurez de la pradera y altura de la pradera influyen fuertemente en la selección y preferencia.

2.4.3 Preferencia en praderas mixtas

En general los animales en pastoreo prefieren seleccionar dietas mixtas (Villalba y Provenza, 2009; Hill *et al.*, 2009; Rutter, 2010); mostrando en algunos casos preferencia por ciertos tipos de plantas, tales como las leguminosas (Lascano, 2000; Rutter, 2006). Sin embargo, en el caso de praderas mixtas en trópico subhúmedo, la preferencia por leguminosas tiene variaciones estacionales desde ocasiones de rechazo (inicio de lluvias) a preferencia (fines de lluvia y secas) (Lascano, 2000).

A partir del análisis de los resultados de más de 15 investigaciones realizadas con bovinos y ovinos en pastoreo de dos especies Rutter (2006) mencionó, que cuando la proporción de la leguminosa y la gramínea en el área de pastoreo fue aproximadamente 50 % de cada especie, tanto ovinos como bovinos prefirieron consumir aproximadamente 70 % de trébol blanco y 30 % de pasto raigrás perenne. También hay evidencia de la preferencia por leguminosas durante la mañana y de gramíneas en la tarde (Rutter, 2010), asociado a un alto contenido de carbohidratos en las gramíneas en ese momento; mismo que es producto de la acumulación durante el día (Mayland *et al.* 2000).

2.4.4 Preferencia y composición química del alimento

La preferencia por determinados alimentos está determinada por reacciones posingestivas que producen rechazo (aversión) o bienestar en el animal (Provenza, 1995). Los animales en pastoreo seleccionan su dieta a partir de diversas especies de plantas que varían en contenido de nutrientes y metabolitos secundarios. El resultado es una dieta más alta en nutrientes y más baja en metabolitos secundarios que el promedio contenido en el forraje del área pastoreada (Villalba y Provenza, 2009). Ello se debe a que los rumiantes a través de los sentidos (olor, sabor, visión) tienen la capacidad de discriminar algunos alimentos como los que han experimentado previamente diferentes sensaciones posingestivas. En un estudio de preferencia ovinos que fueron alimentados con paja de trigo cuando fueron previamente alimentados con grano de sorgo, no mostraron preferencia por la paja porque

ellos discriminan rápidamente el efecto de la reacción alimenticia del sabor (Villalba y Provenza, 2000).

Los rumiantes también tienen la capacidad de balancear su dieta de acuerdo con el nivel de proteína y energía del alimento. Villalba y Provenza (1999) suministraron energía y nitrógeno a corderos y durante la alimentación posterior de los mismos animales, éstos prefirieron sabores previamente asociados con nitrógeno o energía, respectivamente.

En relación al consumo de plantas con metabolitos secundarios por parte de los herbívoros. Estos animales tienen la capacidad de regular su consumo debido a que aprenden por reacciones posingestivas causadas por esos metabolitos (Villalba y Provenza, 2009).

2.4.5 Preferencia y experiencia previa

La experiencia previa influye en el comportamiento selectivo de los animales en pastoreo. De acuerdo con Villalba y Provenza (2009) la experiencia previa se relaciona con dos tipos de memoria que se forman a partir del medio ambiente en el que se desarrollan los animales: 1) memoria adquirida por el animal a través de la experiencia creada por reacciones posingestivas del alimento, y 2) memoria adquirida a través de conocimiento generacional; en animales jóvenes el aprendizaje se da a partir de la relación social con otros animales, en donde la madre es de gran importancia.

En un estudio realizado para probar la aceptación de un nuevo sabor, se determinó si la adición de un sabor familiar aumentaría la aceptación de un nuevo alimento; Launchbaugh *et al.* (1997) alimentaron diferentes corderos con cebada, cebada con sabor a cebolla y arroz con sabor a cebolla. Posteriormente, a todos los corderos se les ofreció arroz con sabor a cebolla y finalmente los corderos que habían comido previamente cebada con sabor a cebolla comieron más arroz con sabor a cebolla que los que habían comido cebada sin sabor; por lo que se infiere que la experiencia previa con el sabor influyó en el consumo del nuevo alimento.

2.5 Pastoreo mixto

El pastoreo mixto consiste en el aprovechamiento de un recurso forrajero en un área determinada por más de una especie animal en forma simultánea o secuencial. La producción animal en sistemas de pastoreo mixto, es mayor que en sistemas monoespecíficos; ello se debe a que en el pastoreo mixto se mejora la eficiencia de cosecha del forraje (Nicol, 1997).

Dickson *et al.* (1981) y Fraser *et al.* (2007) evaluaron el efecto del pastoreo mixto de bovinos y ovinos sobre el desempeño animal, encontrando que la producción animal total por unidad de superficie fue mayor que con pastoreo monoespecífico en 19.5 y 11.8 %, respectivamente. Asimismo está documentado que con pastoreo mixto se reduce la carga de algunos parásitos gastrointestinales como helmintos y nematodos en ovinos que pastorean junto con bovinos (Jordan *et al.*, 1988; Rocha *et al.*, 2008).

Hay evidencia de que los ovinos consumen el forraje más cercano a áreas contaminadas con heces; Mendiola-González *et al.* (2007) reportaron que el pastoreo mixto en comparación al monoespecífico de becerras originó menor cantidad de forraje residual en áreas contaminadas con heces de becerras.

El pastoreo mixto también puede influir sobre algunas características de la pradera, como la calidad del forraje, composición botánica y proporción de malezas. Al respecto, Nolan *et al.* (2001) estudiaron el efecto del tipo de pastoreo sobre la proporción de trébol blanco, reportando que el pastoreo por bovinos produjo mayor contenido de trébol en la pradera (13.5 %) que el pastoreo mixto (9.5 %) o el pastoreo por ovinos (4.9 %). Sormunen-Cristian *et al.* (2012) reportaron que bajo pastoreo mixto de bovinos con ovinos hubo mejoras en la composición botánica de la pradera (al suprimir el crecimiento de malezas) y en la digestibilidad y energía del forraje. Sin embargo, no todos los resultados conducen a la misma dirección; Tablada *et al.* (2003) no encontraron diferencias en las masas de forraje ofrecido y residual, grado de utilización de la pradera y composición botánica y morfológica de praderas de alfalfa-ovillo cuando compararon pastoreo mixto de vacas lecheras y borregas con pastoreo monoespecífico de vacas lecheras.

2.6 Pastoreo rotacional de líderes y seguidores

El pastoreo rotacional se utiliza generalmente bajo condiciones intensivas de manejo e involucra el uso de períodos cortos de pastoreo con una alta presión de pastoreo y períodos largos de descanso en los que la pradera se recupera (Senra, 2005).

El sistema de líderes y seguidores es una estrategia de manejo del pastoreo rotacional más flexible, que permite alimentar animales con diferentes necesidades nutritivas, por lo que éstos se clasifican en dos grupos de acuerdo con sus requerimientos (mayores y menores); en este sistema el grupo de mayores requerimientos ingresa a los potreros antes que el grupo de menores requerimientos (Silveira, 2013)

Archibald *et al.* (1975) reportan que los animales del primer grupo seleccionaron una dieta de alta calidad acorde a su nivel productivo y el segundo grupo utilizó el forraje residual que dejó el primer grupo. El pastoreo de líderes y seguidores ha sido utilizado para evaluar el desempeño y consumo de los animales únicamente entre animales de la misma especie; principalmente bovinos seguidos por bovinos, obteniendo entre 8 y 10 % mayor producción de leche y 23 % mayor consumo de forraje (Archibald *et al.*, 1975) y 47 % mayor producción de carne y 49 % mayor consumo (Kloster *et al.*, 2003) en los animales del grupo líder.

2.7 Literatura citada

- Allden, W. G., and I. A. Whittaker. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research* 21: 755–766.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 83: 1598–1624.
- Allen, V. G., C. Batello, E. J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. Mclvor, J. Milne, C. Morris, A. Peeters, and M. Sanderson. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science* 66: 2-28.
- Allison, C. C. 1985. Factors affecting forage Intake by range ruminants: A Review. *Journal of Range Management* 38: 305-311.

- Améndola, M. R., E. Castillo, and P. A. Martínez. 2006. Forage resource profiles. Mexico. *In*: Country pasture profiles (CD). FAO. Rome, Italy.
- Améndola, M. R. D. 2002. A dairy system based on forages and grazing in temperate México. PhD thesis, Wageningen Universiteit, The Netherlands. 269 p. <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1641132> 03 de marzo de 2015.
- Archibald, K. A., R. C. Campling, and W. Holmes. 1975. Milk production and herbage intake of dairy cows kept on a leader and follower grazing system. *Animal Production* 2: 147-156.
- Baker, R. D. 2004. Estimating herbage intake from animal performance. *In*: Herbage Intake Handbook. Penning P. (Ed.) 2nd Ed. The British Grassland Society. UK. pp: 96-120.
- Bailey, D. W., J. E. Gross, E. A. Laca, L. R. Rittenhouse, M. B. Coughenour, D. M. Swift, and P. L. Sims. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49: 386-400.
- Balocchi O., R. Pulido y J. Fernández. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agricultura Técnica* 62: 87-98.
- Bargo, F., L. D. Muller, E. S. Kolver, and J. E. Delahoy. 2003. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science* 86: 1-42.
- Barrett, P. D., A. S. Laidlaw, C. S. Mayne, and H. Christie. 2001. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass and Forage Science* 56: 362-373.
- Black, J. L., and P. A. Kenney. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. *Australian Journal of Agriculture Research* 35: 565-578.
- Boland, H. T., G. Scaglia, D. R. Notter, A. J. Rook, W. S. Swecker, and A. O. Abaye. 2012. Diet composition and dry matter intake of beef steers grazing tall fescue and alfalfa. *Crop Science* 52: 2817-2825.
- Boval, M., A. Fanchone, H. Archimède, and M. J. Gibb. 2007. Effect of structure of a tropical pasture on ingestive behaviour, digestibility of diet and daily intake by grazing cattle. *Grass and Forage Science* 62: 44–54.
- Cabrera-Estrada, J. I., R. Delagarde, P. Faverdin and J. L. Peyraud. 2004. Dry matter intake and eating rate of grass by dairy cows is restricted by internal, but not external water. *Animal Feed Science and Technology* 114: 59–74.
- Carneiro, D. S., Do Nascimento J. D., e V. B. Pacheco. 2008. Pastagens: Conceitos Básicos, Produção e Manejo. Produção Independente, Viçosa, M.G., Brasil. 115 p.
- Celaya, R., M. Oliván, L. M. M. Ferreira, A. Martínez, U. García, and K. Osoro. 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and

- performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livestock Science* 106: 271-281.
- Chacon, E., and T. H. Stobbs. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 27: 709-727.
- Chacón R., E. A. 2012. Consumo, selección de dieta y componentes del consumo del rumiante a pastoreo. *Mundo Pecuário* 8: 107-120.
- Chilibroste, P. 1999. Grazing time the missing link: a study of the plant animal interface by integration of experimental and modelling approaches. PhD thesis, Wageningen Universiteit, The Netherlands, 190 p. <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/966065> 03 de marzo de 2015.
- Concha, M. A., and A. M. Nicol. 2000. Selection by sheep and goats for perennial ryegrass and white clover offered over a range of sward height contrasts. *Grass and Forage Science* 55: 47-58.
- Cosgrove, G. P., and G. R. Edwards. 2007. Control of grazing intake. *In: Pasture and Supplements for Grazing Animals*. Rattray, P. V., I. M. Brookes, and A. M. Nicol. (Eds.). New Zealand Society of Animal Production, Occasional Publication No. 14. Hamilton, New Zealand. pp. 61-80.
- Da Silva, S. C., F. M. A. Gimenes, D. O. L. Sarmento, A. F. Sbrissia, D. E. Oliveira, A. Hernández-Garay, and A. V. Pires. 2013. Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. *Journal of Agricultural Science* 151: 727–739.
- De Faccio, C. P. C., J. K. Trindade, C. Bremm, J. C. Mezzalira, e L. Fonseca. 2013. Comportamiento ingestivo de animais em pastejo. *In: Forragicultura: Ciência, Tecnologia y Gestão dos Recursos Forrageiros*. R. A. Reis, T. F. Bernardes, e G. R. Siqueira. (Eds.). Gráfica Multipress Jaboticabal SP. pp: 525-545.
- Delagarde, R., J. P. Caudal, and J. L. Peyraud. 1998. Development of an automatic bitemeter for grazing cattle. *Annales de Zootechnie* 48: 329–339.
- Dickson, I. A., J. Frame, and D. P. Arnot. 1981. Mixed grazing of cattle and sheep versus cattle only in an intensive grassland system. *Animal Production* 33: 265-272.
- Dumont, B., M. Petit, and D'Hour P. 1995. Choice of sheep and cattle between vegetative and reproductive cocksfoot patches. *Applied Animal Behaviour Science* 43:1-15.
- Forbes, J. M. 2007. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. 2nd Ed. CAB International, Wallingford, UK. 453 p.
- Fraser, M. D., D. A. Davies, J. E. Vale, W. M. Hirst, and I. A. Wright. 2007. Effects on animal performance and sward composition of mixed and sequential grazing of permanent pasture by cattle and sheep. *Livestock Science* 110: 251–266.

- Galli, J. R., C. A. Cangiano, M. W. Demment, and E. A. Laca. 2006. Acoustic monitoring of chewing and intake of fresh and dry forages in steers. *Animal Feed Science and Technology* 128:14–30.
- Galli, J. R., C. A. Cangiano, D. H. Milone, and E. A. Laca. 2011. Acoustic monitoring of short-term ingestive behavior and intake in grazing sheep. *Livestock Science* 140: 32-41.
- Geerken C., M., D. Calzadilla, y R. González. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes* 10: 266-273.
- Gibb, M. J., C. A. Huckle, R. Nuthall, and A. J. Rook. 1997. Effect of sward height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science* 52: 309–321.
- Gibb, M. J., C. A. Huckle, R. Nuthall, and A. J. Rook. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 63: 269-287.
- González R. A., M. J. Higuera M., H. Amaro H., P.C. Bellman E., E. Gutiérrez O., J. Negrete C., y G. E. Rivas. 2003. Eficiencia productiva y punto de equilibrio para el costo del kilogramo de cordero al destete en ovinos de pelo en el noreste de México. *Investigaciones Ganaderas para el Desarrollo Rural* 15: 1-12.
- Gregorini, P., S. A. Gunter, P. A. Beck, K. J. Soder, and S. Tamminga. 2008. Review: The interaction of diurnal grazing pattern, ruminal metabolism, nutrient supply, and management in cattle. *The Professional Animal Scientist* 24: 308-318.
- Griffiths, W. M., J. Hodgson, and G. C. Arnold. 2003a. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. I. Patch selection. *Grass and Forage Science* 58: 112–124.
- Griffiths, W. M., J. Hodgson, and G. C. Arnold. 2003b. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. II. Regulation of bite depth. *Grass and Forage Science* 58: 125–137.
- Harvey, A., A. J. Parsons, A. J. Rook, P. D. Penning, and R. J. Orr. 2000. Dietary preference of sheep for perennial ryegrass and white clover at contrasting sward surface heights. *Grass and Forage Science* 55: 242-252.
- Hill, J. D. F., D. F. Chapman, G. P. Cosgrove, and A. J. Parsons. 2009. Do ruminants alter their preference for pasture species in response to the synchronization of delivery and release of nutrients? *Rangeland Ecology and Management* 62: 418-427.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Essex, UK: Longman Scientific & Technical. 203 p.
- Hodgson, J. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society* 44: 339-346.

- Jordan, H. E., W. A. Phillips, R. D. Morrison, J. J. Doyle, and K. McKenzie. 1988. A 3-year study of continuous mixed grazing of cattle and sheep: Parasitism of offspring. *International Journal for Parasitology* 18: 779-784.
- Kennedy, E., M. McEvoy, J. P. Murphy, and M. O'Donovan. 2009. Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behaviour, and dry matter intake. *Journal of Dairy Science* 92: 168-176.
- Kloster A., M., N. J. Latimori, y M. A. Amigone. 2003. Comparación de sistemas de pastoreo rotativo (convencional vs líderes y seguidores) sobre una pastura base alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal* 23: 25-32.
- Laca, E. A., E. D. Ungar, N. G. Seligman, and M. W. Demment. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science* 47: 91-102.
- Laca, E. A., and M. F. Wallis de Vries. 2000. Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. *Grass and Forage Science* 55: 97-104.
- Laca, E. A. 2000. Modelling spatial aspects of plant-animal interactions. *In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Lemaire, G., J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, and P. C. de F. Carvalho. (Eds.). CAB International, Wallingford, UK. pp. 209-231.
- Lantinga, E. A., J. H. Neuteboom, and J. A. C. Meijis. 2004. Sward methods. *In: Herbage Intake Handbook*. Penning P. (Ed.). 2nd Ed. The British Grassland Society. Reading, UK. pp: 23-52.
- Lascano, C. E. 2000. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. *In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Lemaire, G., J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, and P. C. de F. Carvalho. (Eds.). CAB International, Wallingford, UK. pp. 249-263.
- Launchbaugh, K. L., F. D. Provenza, and M. J. Werkmeister. 1997. Overcoming food neophobia in domestic ruminants through addition of a familiar flavor and repeated exposure to novel foods. *Applied Animal Behaviour Science* 54: 327-334.
- Macedo R., y Y. Castellanos. 2004. Rentabilidad de un sistema de producción ovino en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria* 8: 1-9.
- Macon, B., L. E. Sollenberger, C. R. Staples, K. M. Portier, J. H. Fike, and J. E. Moorell. 2011. Grazing management and supplementation effects on forage and dairy cow performance on cool-season pastures in the southeastern United States. *Journal of Dairy Science* 94: 3949-3959.
- 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.
- Mayes, R. W., C. S. Lamb, and P. M. Colgrove. 1986. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *Journal of Agricultural Science* 107: 161-170.

- Mayland, H. F., G. E. Shewmaker, P. A. Harrison, and N. J. Chatterton. 2000. Nonstructural carbohydrates in tall fescue cultivars: relationship to animal preference. *Agronomy Journal* 92: 1203-1206.
- McCarthy, S., B. Horan, M. Rath, M. Linnane, P. O'Connor, and P. Dillon. 2007. The influence of strain of Holstein-Friesian dairy cow and pasture-based feeding system on grazing behaviour, intake and milk production. *Grass and Forage Science* 62: 13–26.
- McGilloway, D. A., A. Cushnahan, A. S. Laidlaw, C. S. Mayne, and D. J. Kilpatrick. 1999. The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science* 54: 116-126.
- Mendiola-González, A., P. A. Martínez-Hernández, E. Cortés-Díaz, y C. Sánchez-del Real. 2007. Efecto del pastoreo mixto y mono-específico en una pradera de alfalfa-ovillo. *Agrociencia* 41: 395-403.
- Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. *In: Forage Quality Evaluation and Utilization*. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser (Eds.). American Society of Agronomy, Crop Science of America, Madison, USA. 988 p.
- Meyer, K., J. Hummel, and M. Clauss. 2010. The relationship between forage cell wall content and voluntary food intake in mammalian herbivores. *Mammal Review* 40: 221–245.
- Mezzalana, J. C., P. C. De F. Carvalho, L. Fonseca, C. Bremm, C. Cangiano, H. L. Gonda, and E. A. Laca. 2014. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. *Applied Animal Behaviour Science* 153: 1–9.
- Morrison, S. J., and D. C. Patterson. 2007. The effects of offering a range of forage and concentrate supplements on milk production and dry matter intake of grazing dairy cows. *Grass and Forage Science* 62: 332–345.
- Navon, S., A. Mizrach, A. Hetzroni, and E. D. Ungar. 2013. Automatic recognition of jaw movements in free-ranging cattle, goats and sheep, using acoustic monitoring. *Biosystems Engineering* 114: 474-483.
- Nicol, A. M., and Brookes. 2007. The metabolisable energy requirements of grazing livestock. *In: Pasture and Supplements for Grazing Animals*. Rattray, P. V., I. M. Brookes, and A. M. Nicol. (Eds.). New Zealand Society of Animal Production, Occasional Publication No. 14. Hamilton, New Zealand. pp. 151-171.
- Nicol, A. M. 1997. The application of mixed grazing. *In: Session 29 Grazing Management, Proceedings International Grassland Congress*. 28 al 19 de junio de 1997. Saskatoon, Canada. pp. 525-553.
- Nolan, T., and J. Connolly. 1989. Mixed vs mono-grazing by steers and sheep. *Animal Production* 48: 519-533.
- Nolan, T., J. Connolly, and M. Wachendorf. 2001. Mixed grazing and climatic determinants of white clover (*Trifolium repens* L.) content in a permanent pasture. *Annals of Botany* 88: 713-724.

- Partida D. P. J. A., D. Braña V., H. Jiménez S., F. Ríos R., y G. Buendía R. 2013. Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP. Ajuchitlán, Qro. 116 p.
- Pérez-Prieto, L. A., and R. Delagarde. 2013. Meta-analysis of the effect of pasture allowance on pasture intake, milk production, and grazing behavior of dairy cows grazing temperate grasslands. *Journal of Dairy Science* 96: 6671-6689.
- Penning, P. D. 1983. A technique to record automatically some aspects of grazing and ruminating behaviour in sheep. *Grass and Forage Science* 38: 89–96.
- Penning, P. D. 2004. Animal-based techniques for estimating herbage intake. *In: Herbage Intake Handbook*. Penning P. (Ed.) 2nd Ed. The British Grassland Society. Reading, UK. pp: 53-84.
- Penning, P. D., A. J. Parsons, R. J. Orr, and G. E. Hooper. 1994. Intake and behaviour response by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Science* 49: 476–486.
- 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 Behaviour Science* 45: 63-78.
- Penning, P. D., A. J. Rook, and R. J. Orr. 1991. Patterns of ingestive behaviour of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science* 31: 237-250.
- Penning, P. D., G.L Steel, and R. H. Johnson. 1984. Further development and use of an automatic recording-system in sheep grazing studies. *Grass and Forage Science* 39: 345–351.
- Penning, P. D., and S. M. Rutter. 2004. Ingestive Behaviour. *In: Herbage Intake Handbook*. Penning P. (Ed.) 2nd Ed. The British Grassland Society. Reading, UK. 191 p.
- Poppi, D. P. 2011. Nutritional constraints for grazing animals and the importance of selective grazing behaviour. *In: Grassland Productivity and Ecosystem Services*. Lemaire, G., J. Hodgson, and A. Chabbi (Eds.). CAB International, Wallingford, UK. pp. 19-25.
- Prache, S., and R. Delagarde. 2011. The Influence of vegetation characteristics on foraging strategy and ingestive behaviour. *In: Grassland Productivity and Ecosystem Services*. Lemaire, G., J. Hodgson, and A. Chabbi (Eds.). CAB International, Wallingford, UK. pp. 27-35.
- Provenza, F. D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management* 45: 36–45.
- Ramírez-Mella, M., O. Hernández-Mendo, R. D. Améndola-Massiotti, E. J. Ramírez-Bribiesca, G. D. Mendoza-Martínez, and J. A. Burgueño-Ferreira. 2010. Productive response of grazing dairy cows to fresh

- chopped maize supplementation under a small farming system in the Mexican Highlands. *Tropical Animal Health Production* 42:1377–1383.
- Roca-Fernandez, A. I., and A. Gonzalez-Rodriguez. 2013. Sward factors influence on pasture dry matter intake of grazing dairy cows: A Review. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 3: 629-651.
- Rocha, A. R., K. D. S. Bresciani, T. F. M. Barros, L. H. Fernandes, M. B. Silva, and A. F. T. Amarante. 2008. Sheep and cattle grazing alternately: nematode parasitism and pasture decontamination. *Small Ruminant Research* 75: 135–143.
- Rodríguez N., M., E. O. S. Saliba, y R. G. Júnior. 2007. Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20: 518-525.
- Rook, A. J., C. A. Huckle, and P. D. Penning. 1994. Effect of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Applied Animal Behaviour Science* 40: 101-112.
- Rutter, S. M. 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: current theory and future application. *Applied Animal Behaviour Science* 97: 17-35.
- Rutter, S. M., R. A. Champion, and P. D. Penning. 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free ranging ruminants. *Applied Animal Behavior Science* 54: 185–195.
- Rutter, S. M. 2010. Review. Grazing preferences in sheep and cattle: implications for production, the environment and animal welfare. *Canadian Journal of Animal Science* 90: 285-293.
- Senra A., F. 2005. Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39: 415-426.
- Silveira, P. C. G. 2013. Métodos de pastejo. *In: Forragicultura: Ciência, Tecnologia y Gestão dos Recursos Forrageiros*. R. A. Reis, T. F. Bernardes, e G. R. Siqueira (Eds). Gráfica Multipress. Jaboticabal SP. pp: 481-497.
- Smit, H. J., B. M. Tas, H. Z. Taweel, S. Tamminga, and A. Elgersma. 2005. Effects of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars on herbage production, nutritional quality and herbage intake of grazing dairy cows. *Grass and Forage Science* 60: 297–309.
- Soder, K. J., P. Gregorini, G. Scaglia, and A. J. Rook. 2009. Dietary selection by domestic grazing ruminants in temperate pastures: current state of knowledge, methodologies, and future direction. *Rangeland Ecology and Management* 62: 389-398.
- Sormunen-Cristian, R., M. Manninen, and A. Oksanen. 2012. Mixed grazing by suckler cows, calves and lambs in a cultivated pasture. *Livestock Science* 145: 258-265.

- Tablada A., R. S., P. A. Martínez H., C. Sánchez del Real, y E. Cortés D. 2003. Rebrote en alfalfa-ovillo bajo pastoreo mixto durante el invierno. *Revista Científica, FCV-LUZ* 13: 312-318.
- Tharmaraj, J., W. J. Wales, D. F. Chapman, and A. R. Egan. 2003. Defoliation pattern, foraging behaviour and diet selection by lactating dairy cows in response to sward height and herbage allowance of a ryegrass-dominated pasture. *Grass and Forage Science* 58: 225-238.
- Ungar, E. D. 1996. Ingestive behavior. *In: The Ecology and Management of Grazing Systems*. Hodgson, J, and A. W. Illius (Eds.). CAB International, Wallingford, UK. pp. 185-218.
- Ungar, E. D., and S. M. Rutter. 2006. Classifying cattle jaw movements: comparing IGER behaviour recorder and acoustic techniques. *Applied Animal Behaviour Science* 98:11-27.
- Ungar, E. D., N. Ravid, T. Zada, E. Ben-Moshe, R. Yonatan, H. Baram, and A. Genizi. 2006. The implications of compound chew–bite jaw movements for bite rate in grazing cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 98:183-195.
- Van Dyne, G. M., N. R. Brockington, Szucs, J. Duck, and C. A. Ribie. 1980. Large herbivore subsystem. *In: Breymeyer, A. I. and G. M. Van Dyne (Eds.) Grasslands, Systems Analysis and Man*. Cambridge Univ. Press p. 269-537.
- Van Soest, P. J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science* 24: 834–843.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, USA. 476 p.
- Villalba, J. J., and F. D. Provenza. 2009. Learning and dietary choice in herbivores. *Rangeland Ecology and Management* 62: 399-406.
- Villalba, J. J., and F. D. Provenza. 1999. Nutrient-specific preferences by lambs conditioned with intraruminal infusions of starch, casein, and water. *Journal of Animal Science* 77: 378-387.
- Villalba, J. J., and F. D. Provenza. 2000. Postingestive feedback from starch influences the ingestive behaviour of sheep consuming wheat straw. *Applied Animal Behaviour Science* 66:49-63.
- Villalba, J. J., K. J. Soder, and E. A. Laca. 2009. Understanding diet selection in temperate biodiverse pasture systems. *Rangeland Ecology and Management* 62: 387-388.
- Wade, M. H., and P.C. de F. Carvalho. 2000. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. *In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Lemaire, G., J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, and P. C. de F. Carvalho (Eds.) CAB International, Wallingford, UK. pp. 233-248.

3 PASTOREO MIXTO DE VACAS LECHERAS CON BORREGAS COMO SEGUIDORAS EN ALFALFA-OVILLO

1. CONSUMO DE FORRAJE

3.1 Resumen

El objetivo fue estimar el consumo de vacas lecheras y borregas en pastoreo mixto en praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) de diferente edad (primer segundo y tercer año como jóvenes y cuarto y quinto año como viejas) durante primavera-verano (P-V) de 2013 y otoño-invierno (O-I) de 2014. Se evaluaron dos tratamientos, pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras y pastoreo monoespecífico de vacas lecheras, en un diseño completamente al azar con dos repeticiones por potrero; las unidades experimentales fueron lotes de tres (PV) y cuatro vacas (O-I) y dos lotes de 12 borregas. El consumo total (kg MS 100 kg PV⁻¹ d⁻¹) de las vacas y las borregas se determinó sumando las cantidades consumidas diariamente de forraje de la pradera, ensilado de maíz y concentrado. El consumo de forraje (CF) de las vacas se estimó con dos métodos: 1) consumo promedio del lote por diferencia entre forraje ofrecido (FO) y residual (FR) y 2) determinación de producción fecal con marcadores. El CF promedio de las borregas se estimó como la diferencia entre FO y FR. No hubo diferencias (P<0.05) en el consumo promedio de las vacas por diferencia entre FO y FR. El consumo de las vacas estimado con marcadores en pastoreo mixto fue 21 % mayor que el de las vacas en pastoreo monoespecífico (P<0.05). El consumo de las vacas estimado con marcadores fue mayor (P<0.05) en praderas jóvenes en P-V (30 % mayor) y O-I (14 % mayor). El consumo de las borregas tendió (P=0.07) a ser mayor en praderas jóvenes. La inclusión de borregas como seguidoras ocasionó aumento en el consumo de las vacas lecheras en pastoreo mixto; asimismo, el consumo de forraje de vacas fue mayor en praderas jóvenes.

Palabras clave: consumo de forraje, pastoreo mixto, líderes y seguidores, *Medicago sativa* L., *Dactylis glomerata* L.

MIXED GRAZING OF DAIRY COWS WITH EWES AS FOLLOWERS IN ALFALFA-ORCHARD 1. FORAGE INTAKE

3.2 Abstract

The objective was to estimate the herbage intake of dairy cows and ewes in mixed grazing in pastures of alfalfa (*Medicago sativa* L.) with orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) of different ages (first second and third year as young and fourth and fifth year as old) during spring-summer (S-S) of 2013 and autumn-winter (A-W) of 2014. We evaluated two treatments, mixed grazing of dairy cows with ewes as followers and single grazing by dairy cows. The design was completely randomized with two replicates per paddock; the experimental units were groups of three (S-S) and four cows (A-W) and 12 ewes. The total intake (kg DM 100 kg LW⁻¹d⁻¹) of ewes and cows was determined by adding the amounts consumed daily of herbage, silage corn and concentrated. The herbage intake of the cows was estimated using two methods: 1) average intake of the group by difference between offered herbage (OH) and residual herbage (RH) and 2) determination of fecal production with markers. The herbage intake of the ewes was estimated as the difference between OH and RH. There were not differences ($P>0.05$) in the average intake of cows estimated by difference between OH and RH. The intake estimated with markers in mixed grazing cows was 21% higher than the intake of the cows in single grazing ($P<0.05$). The intake of cows estimated with markers was higher ($P<0.05$) in young pastures in S-S (30% higher) and A-W (14% higher). The intake of the ewes tended ($P = 0.07$) to be greater in young pastures. The inclusion of ewes as followers of cows increased the intake of dairy cows in mixed grazing; in addition, the intake of cows was higher in young pastures.

Key words: forage intake, mixed grazing, leaders and followers, *Medicago sativa* L., *Dactylis glomerata* L.

3.3 Introducción

Las estrategias de manejo de pastoreo deben ser orientadas a incrementar el consumo de forraje de los animales, debido a que el consumo en pastoreo es el factor determinante de la producción animal en pastoreo. En una revisión de literatura sobre este tema, Mertens (1994) indicó que aproximadamente entre 60 y 90 % de las variaciones en el desempeño animal son explicadas por variaciones en el consumo, en tanto que únicamente entre 10 y 40 % se explican por variaciones en la digestibilidad del forraje.

Diferentes estrategias de manejo de pastoreo han sido utilizadas; el pastoreo de líderes y seguidores se ha empleado para evaluar el desempeño y consumo de los animales únicamente en estudios que han involucrado una especie, principalmente bovinos seguidos por bovinos. En estos estudios se ha obtenido que los animales del grupo líder presentaron 9 % mayor producción de leche (Mayne *et al.*, 1988), 47 % mayor producción de carne y 49 % mayor consumo de forraje (Kloster *et al.*, 2003).

Otra estrategia de manejo estudiada ha sido el pastoreo mixto; en el caso de estudios de bovinos con ovinos bajo este tipo de pastoreo, se han reportado incrementos de 28.6 y 25.1 % en la ganancia de peso por hectárea con uso de pastoreo mixto vs monoespecífico de ovinos y bovinos, respectivamente (d'Alexis *et al.*, 2014). Sin embargo, la mayoría de la investigación con pastoreo mixto ha sido enfocada a evaluar el desempeño animal y se ha dado poca relevancia al estudio del consumo y en el sistema de líderes y seguidores el consumo sólo se ha evaluado en animales de la misma especie.

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar el consumo de vacas como líderes y borregas como seguidoras en pastoreo mixto (Pmix) y de vacas en pastoreo monoespecífico (Pmon); en praderas de alfalfa con pasto ovillo de diferente edad, durante dos periodos del año.

3.4 Materiales y métodos

El experimento se realizó entre mayo de 2013 y febrero de 2014 en el Módulo de Producción de Leche en Pastoreo de la Universidad Autónoma Chapingo,

estado de México, México, ubicado a 19°29' N, 98° 54' O y altitud de 2240 m. El clima del área de estudio es templado subhúmedo, con lluvias en verano y precipitación y temperatura media anual de 636.5 mm y 15.2 °C (García, 1988). Se consideraron dos períodos, primavera-verano (P-V) entre mayo y agosto de 2013 y otoño-invierno (O-I), entre diciembre de 2013 y febrero de 2014.

Se utilizaron seis (P-V) y nueve (O-I) potreros de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) de uno a cinco años de edad con área total de 3.2 y 4.4 hectáreas; el incremento en número de potreros en O-I se debió a la menor productividad de las praderas durante esa época. Se emplearon 12 (P-V) y 16 (O-I) vacas Holstein Neozelandés en lactancia, con peso promedio y desviación estándar de 500 ± 77 (P-V) y 537 ± 64 kg (O-I). Como seguidoras se usaron 24 borregas prímalas Pelibuey con peso promedio y desviación estándar de 43 ± 7 kg.

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos repeticiones por potrero, se evaluaron dos tratamientos, Pmix de vacas lecheras con borregas como seguidoras y Pmon de vacas lecheras. Las unidades experimentales fueron los lotes de animales y sus respectivas áreas en los potreros. En el caso de las vacas las unidades experimentales fueron lotes de tres (P-V) y cuatro (O-I) vacas en lactancia balanceadas en función de su peso, en tanto que en el caso de las borregas fueron lotes de 12 borregas balanceados en función del peso vivo. Los seis (P-V) y nueve (O-I) potreros de alfalfa-ovillo fueron divididos en cuatro parcelas de igual tamaño utilizando cerco eléctrico móvil, Las parcelas se asignaron al azar a cada lote de vacas de Pmix y Pmon.

Las vacas se ordeñaron a las 6:30 y 15:30, recibieron 1.6 kg MS de alimento concentrado (Cuadro 1) por vaca después de cada ordeña y permanecieron en el área de pastoreo el resto del día en ambos periodos; en O-I se suplementó a cada vaca con 2.1 kg MS d⁻¹ de ensilado de maíz (Cuadro 1). Las borregas estuvieron en el área de pastoreo entre las 08:00 y las 17:00, el resto de la jornada fueron encerradas en un corral con acceso a agua y minerales en ambos periodos; en O-I cada borrega se suplementó con 400 g MS d⁻¹ de ensilado de maíz.

Cuadro 1. Composición química del concentrado y ensilado de maíz ofrecido.

Componente	Concentrado	Ensilado de maíz
Materia seca (MS) %	92.0	30.0
Proteína cruda, % MS	17.0	8.7
Fibra detergente neutro, % MS	16.0	45.5
Fibra detergente ácido, % MS	4.7	26.6
Cenizas, % MS	5.5	6.4
Energía metabolizable [†] , Mcal kg MS ⁻¹	3.10	2.43

[†] Estimada a partir de FDA.

El pastoreo fue rotacional intensivo con periodos de ocupación promedio de 6 (P-V) y 4 (O-I) d y periodos de descanso de 37 (P-V) y 45 (O-I) d. En Pmix las vacas pastorearon como líderes y las borregas como seguidoras. Previo al inicio de las mediciones de P-V, se realizó por lo menos un ciclo de adaptación a Pmix y Pmon en cada potrero respetando el orden aleatorio entre los periodos de P-V y O-I se continuó aplicando el manejo que correspondía a cada unidad experimental.

Para definir el área de pastoreo que se ofrecería a las vacas se tomaron muestras de forraje ofrecido de cada unidad experimental para calcular la asignación diaria de forraje. La asignación diaria de forraje se estimó considerando 1) el peso de las vacas, 2) una meta de consumo total de 3.2 kg MS 100 kg PV⁻¹ d⁻¹, 3) el consumo de suplemento, y 4) eficiencias de cosecha del forraje por encima de 5 cm de altura de 70 % (P-V) y 80 % (O-I). Al día siguiente del pastoreo por las vacas líderes, las borregas accedieron al área previamente pastoreada por las vacas.

El consumo total (kg 100 kg PV⁻¹ d⁻¹) de vacas y borregas se determinó sumando las cantidades de forraje de la pradera, ensilado de maíz y concentrado consumidos diariamente; considerando el manejo alimenticio descrito arriba. El consumo de forraje (CF) de las vacas se estimó con base en dos métodos: 1) como consumo promedio del lote por diferencia entre el forraje ofrecido (FO) y residual (FR) y 2) por determinación de producción fecal con marcadores. El CF promedio de las borregas se estimó a partir de la diferencia entre el FO y el FR.

Las variables medidas en las praderas fueron: masas de FO y FR y grado de utilización (GU) de cada unidad experimental, mediante el corte de 6 franjas

de $0.52 \text{ m} \times 4 \pm 0.5 \text{ m}$ efectuado con podadora Trupper® P-520 México a una altura de 5 cm. La masa de forraje por debajo de 5 cm se estimó cortando a ras de suelo dentro de cada faja dos muestras con cuadro de $0.5 \times 0.5 \text{ m}$. Las muestras de FR se tomaron de forma apareada con las muestras de FO y la masa de FR de las vacas se consideró FO para las borregas. El GU se calculó como la proporción que representó la diferencia de la cantidad de FO menos la de FR.

Todas las muestras de FO y FR se secaron en una estufa con circulación forzada de aire a 55°C , hasta peso constante posteriormente se molieron en un molino Wiley® 4 USA con criba de 1 mm, para después analizar el contenido de cenizas en laboratorio y proceder a corregir los datos de masa de forraje por contaminación con suelo. El CF promedio de cada lote de animales de ambas especies se estimó a partir de la diferencia entre el FO y el FR (Lantinga *et al.*, 2004). El CF de las vacas estimado a partir de marcadores se realizó con óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo y cenizas insolubles en ácido (CIA) como marcador interno (Geerken *et al.*, 1987). Los animales recibieron 10 g de Cr_2O_3 en dos dosis de 5 g, después de cada ordeña.

Las muestras de heces se obtuvieron durante los últimos dos días de pastoreo en cada potrero, directamente del recto de cada vaca durante la mañana y tarde; se colocaron en bolsas de plástico y se congelaron para su análisis en laboratorio. También se tomaron muestras de forraje de cada potrero mediante pastoreo simulado (Bonnet *et al.*, 2011). Posteriormente las muestras de heces se descongelaron a temperatura ambiente y se mezclaron las cuatro muestras de cada vaca, para formar una sola muestra compuesta por cada potrero. Las muestras de forraje y heces se secaron en una estufa con circulación forzada de aire a 55 y 100°C , respectivamente hasta peso constante. Posteriormente se molieron en un molino Wiley® 4 USA con criba de 1 mm y se guardaron para su análisis.

A las muestras de heces y a cada uno de los componentes de la dieta total (forraje de la pradera, concentrado y ensilado de maíz) se les determinó CIA (Van Keulen y Young, 1977). La determinación de cromo se realizó

únicamente en las muestras de heces (Fenton y Fenton, 1979). La producción fecal se calculó con base en la Ecuación 1 descrita por Penning (2004).

$$PF = \frac{DM}{CMH} \quad (1)$$

Donde

PF: Producción fecal (g MS d⁻¹)

DM: Dosis del marcador (g MS d⁻¹)

CMH: Concentración del marcador en heces (g/g)

Utilizando el resultado anterior, se estimó el CF de la pradera de cada vaca con base en la ecuación propuesta por Geerken *et al.* (1987), adaptada a la situación de suplementación con concentrado y ensilado del presente estudio (Ecuación 2).

$$CF = \frac{\{(CIA)_H \times PF\} - [\{(CIA)_C \times CTC\} - \{(CIA)_M \times CTM\}]}{(CIA)_P} \quad (2)$$

Donde

CF: Consumo de forraje (g d⁻¹)

(CIA)_H: Concentración de CIA en heces (g kg⁻¹ MS)

PF: Producción fecal (kg d⁻¹)

(CIA)_C: Concentración de CIA del concentrado (g kg⁻¹ MS)

CTC: Consumo total de concentrado (kg d⁻¹)

(CIA)_M: Concentración de CIA en el ensilado de maíz (g kg⁻¹ MS)

CTM: Consumo total de ensilado de maíz (kg d⁻¹)

(CIA)_P: Concentración de CIA en el forraje de la pradera (g g⁻¹ MS)

El consumo total de MS se determinó sumando las cantidades consumidas diariamente de MS del forraje de la pradera, ensilado de maíz y concentrado. Además se estimó composición botánica del FO a partir de las muestras de pastoreo simulado; mediante separación manual cada muestra se separó en alfalfa, ovillo y maleza. Cada componente fue secado en una estufa con circulación forzada de aire a 100° C durante 48 horas hasta peso constante y sobre la base del peso seco se calculó la proporción de cada componente.

Para el análisis estadístico de las masas de FO, FR, GU, consumo estimado por diferencia de masas de forraje y composición botánica del FO, los modelos estadísticos incluyeron efectos del tratamiento (Pmix y Pmon), pradera e interacción entre tratamiento y pradera, y residual (Ecuación 3); en el caso del consumo promedio (por diferencia entre FO y FR) de las borregas se tomó en cuenta únicamente el efecto de la pradera (Ecuación 4).

$$Y_{ijk} = \mu + \text{tratamiento}_i + \text{pradera}_j + \text{tratamiento} * \text{pradera}_{ij} + e_{ijk} \quad (3)$$

$$Y_{ij} = \mu + \text{pradera}_i + e_{ij} \quad (4)$$

Donde

Y_{ijk} y Y_{ij} representaron masas de FO, FR, GU y consumo estimado por diferencia de masas de forraje de vacas y borregas, respectivamente. El análisis se realizó con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2004).

Para el análisis estadístico del consumo estimado con marcadores, el modelo estadístico incluyó los efectos fijos de tratamiento, pradera, interacción entre tratamiento y pradera, y efectos aleatorios de repetición dentro de interacción entre tratamiento y pradera, y residual (Ecuación 5).

$$\begin{aligned} Y_{ijkl} = & \mu + \text{tratamiento}_i + \text{pradera}_j + \text{tratamiento} * \text{pradera}_{ij} \\ & + \text{Aleatorio repetición}(\text{tratamiento} * \text{pradera})_k \\ & + e_{ijkl} \end{aligned} \quad (5)$$

Donde

Y_{ijkl} representó el consumo estimado por marcadores. El análisis se realizó con el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2004). Las medias de los tratamientos fueron estimadas utilizando LSMEANS y mediante contrastes ortogonales se evaluó el efecto de la edad de las praderas (jóvenes primero, segundo y tercer año; viejas cuarto y quinto año).

3.5 Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de masas de FO, FR y GU de vacas bajo Pmix y Pmon en praderas de alfalfa-ovillo. En el periodo de P-V las masas de FO y FR fueron 19 y 30 % mayores bajo Pmon ($p<.0001$); sin embargo, durante O-I únicamente la masa de FR fue 20 % mayor con Pmon ($P<0.05$), en tanto que la masa de FO tendió a ser mayor ($p=0.054$). No hubo efecto ($P>0.05$) de la interacción entre tratamiento y tipo de pradera en las masas de FO, FR y GU. Estos resultados difieren de los encontrados por Tablada *et al.* (2003) quienes no encontraron diferencias en las mismas variables con tratamientos similares en praderas de las mismas especies, lo cual puede estar asociado a que en dicho trabajo no hubo un efecto de adaptación previa de las praderas al manejo del Pmix y Pmon. El GU de vacas bajo Pmix y Pmon fue similar ($P>0.08$) con promedio de 47 % (P-V) y 36 % (O-I); por su parte Tablada *et al.* (2003) y Mendiola-González *et al.* (2007) reportaron GU de 60.6 y 44.5 % con Pmon de vacas y de becerras, respectivamente, en praderas de alfalfa-ovillo, estas diferencias de GU entre tratamientos pueden deberse a distintas formas de considerar corte a ras de las muestras o a masas de FO extremadamente altas (Améndola, 2002).

Cuadro 2. Masas de forraje (kg MS ha^{-1}) y grado de utilización (%) en praderas de alfalfa-ovillo pastoreadas por vacas bajo pastoreo mixto y monoespecífico.

Variables	Periodo	Pmix [†]	Pmon [‡]	EE [§]	P [¶]
FO ^ª	P-V ^{§§}	3384	4021	92	< .0001
	O-I ^{¶¶}	2950	3197	84	0.054
FR ^{††}	P-V	1702	2213	56	< .0001
	O-I	1792	2146	100	0.027
GU ^{‡‡}	P-V	49	45	2	0.088
	O-I	39	33	3	0.173

[†] Pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras; [‡] Pastoreo monoespecífico de vacas lecheras; [§] Error estándar de la media; [¶] Nivel de significancia; ^ª Forraje ofrecido; ^{††} Forraje residual; ^{‡‡} Grado de utilización; ^{§§} Primavera-verano; ^{¶¶} Otoño-invierno.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de masas de FO, FR y GU de vacas bajo Pmon en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad. Las masas de FO en P-V fueron similares ($P>0.05$) entre praderas jóvenes y viejas con promedio de $3703 \text{ kg MS ha}^{-1}$. Al respecto, Hernández *et al.* (2012) reportaron tasas de acumulación de forraje en praderas de alfalfa-ovillo con 35 d de

frecuencia de pastoreo; que permitieron estimar masas de forraje de 3465 y 2625 kg MS ha⁻¹, respectivamente para primavera y verano. La masa de FO fue 10 % mayor en O-I (P<0.05) en praderas jóvenes, lo cual puede atribuirse a la mayor densidad de plantas de alfalfa en praderas jóvenes (Dear *et al.*, 2007); ya que en praderas de alfalfa-ovillo la especie que determina el rendimiento de forraje es alfalfa (Hernández *et al.*, 2012). Las masas de FR y GU de vacas bajo Pmon no fueron afectadas (P>0.05) por la edad de las praderas, con promedios de 1957 (P-V) y 1975 (O-I) kg MS ha⁻¹ y 47 (P-V) y 35 (O-I) %; estos resultados coinciden con los promedios reportados por Améndola (2002) en praderas similares.

Cuadro 3. Masas de forraje (kg MS ha⁻¹) y grado de utilización (%) en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, bajo pastoreo monoespecífico de vacas lecheras.

Variables	Periodo	Jóvenes [†]	Viejas [‡]	EE [§]	P [¶]
FO [■]	P-V ^{ss}	3631	3774	65	0.144
	O-I ^{pp}	3165	2889	103	0.043
FR ^{††}	P-V	1958	1956	56	0.984
	O-I	1957	1992	87	0.827
GU ^{¶¶}	P-V	46	48	2	0.426
	O-I	38	32	3	0.194

† Praderas de uno, dos y tres años; ‡ Praderas de cuatro y cinco años; § Error estándar de la media; ¶ Nivel de significancia; ■ Forraje ofrecido; †† Forraje residual; ¶¶ Grado de utilización; ss Primavera-verano; pp Otoño-invierno.

No hubo efecto de la edad de las praderas (P>0.05) en las masas de FO, FR y GU de vacas; con promedios de 3384, 1702 kg MS ha⁻¹ y 49 % (P-V) y 2939, 1875 kg MS ha⁻¹ y 36 % (O-I) (Cuadro 4). La similitud del GU entre las praderas de diferente edad es explicada por la similitud tanto en FO como FR. Sin embargo, Tablada *et al.* (2003) reportaron masas de FO y FR de 6959 y 2534 kg MS ha⁻¹ de vacas bajo Pmix en praderas similares; siendo 120 y 42 % mayores que el promedio de los datos reportados en este estudio; esta diferencia probablemente se debió a que las masas de forraje ofrecido pueden ser sobrestimadas con unidades de muestreo demasiado pequeñas (Améndola *et al.*, 2003), mismas que en ese caso fueron de 0.0625m².

Las masas de FR en el caso de las borregas fueron 39% (P-V) y 50 % (O-I) mayores en praderas viejas (P<0.05) que en praderas jóvenes, lo que determinó 25 % (P-V) y 138 % (O-I) mayor GU por las borregas en praderas

jóvenes (Cuadro 4). Este resultado puede atribuirse a la mayor contribución de la leguminosa en praderas jóvenes (Dear *et al.*, 2007); determinando mayor consumo de esta especie por parte de las borregas y en consecuencia menor GU de praderas viejas que tienen mayor contribución de ovillo, ya que en praderas de leguminosas con gramíneas los ovinos prefieren más las leguminosas (Rutter, 2010).

El GU total de la pradera bajo Pmix de vacas con borregas como seguidoras fue 8 % (P-V) y 51 % (O-I) mayor en praderas jóvenes ($P < 0.05$ Cuadro 4), determinados por el mayor GU de las borregas en el mismo tipo de praderas; asimismo el menor GU total en praderas viejas estuvo asociado a mayores masas de FR de las borregas en las praderas viejas. Esto último puede atribuirse al mayor porcentaje de material muerto en el FR de las vacas que fue el FO para las borregas. Al respecto Améndola (2002) reportó 38.3 % de material muerto en el FR de vacas en praderas similares.

El mayor GU total en P-V, que en O-I en ambos tipos de praderas, se debió al mayor GU por las borregas durante P-V. Los menores GU por estas últimas en ambos tipos de praderas en O-I pueden atribuirse a un efecto de sustitución que produjo menores consumos de forraje (Forbes, 2007); ya que en dicho periodo las borregas consumieron ensilado de maíz como suplemento.

Cuadro 4. Masas de forraje (kg MS ha^{-1}) y grado de utilización (%) en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, bajo pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras.

Variables	Periodo	Jóvenes [†]	Viejas [‡]	EE [§]	P [¶]
FO [■]	P-V ^{§§}	3282	3485	93	0.174
	O-I ^{¶¶}	2972	2906	90	0.682
FR ^{††} de vacas	P-V	1691	1712	66	0.828
	O-I	1724	2026	121	0.182
FR de borregas	P-V	595	825	42	0.008
	O-I	1198	1802	118	0.016
GU ^{¶¶} con vacas	P-V	48	50	3	0.608
	O-I	41	31	4	0.172
GU con borregas	P-V	65	52	3	0.024
	O-I	31	13	1	< .0001
GU total	P-V	82	76	1	0.005
	O-I	59	39	4	0.015

[†] Praderas de uno, dos y tres años; [‡] Praderas de cuatro y cinco años; [§] Error estándar de la media; [¶] Nivel de significancia; [■] Forraje ofrecido; ^{††} Forraje residual; ^{¶¶} Grado de utilización; ^{§§} Primavera-verano; ^{¶¶} Otoño-invierno.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de consumo de vacas en Pmix y Pmon, estimado con diferentes métodos. El consumo de las vacas estimado como la diferencia entre FO y FR fue similar ($P>0.05$) entre tipos de pastoreo, con promedio de 2.6 kg MS 100 kg PV⁻¹. El consumo de las vacas estimado con marcadores fue 17 % mayor bajo Pmix ($P<0.005$) durante P-V; sin embargo para O-I el consumo fue similar ($P>0.05$) entre Pmix y Pmon.

No hubo efecto ($P>0.05$) de la interacción entre tratamiento y tipo de pradera en el consumo total de materia seca de las vacas. La discrepancia en probabilidad de las diferencias entre los resultados de consumo estimado con los distintos métodos pueden ser atribuidas a diferencias en grados de libertad para el análisis ya que en el muestreo por diferencias entre FO y FR se está considerando el consumo promedio del lote (Lantinga *et al.*, 2004) y en la técnica de marcadores el análisis estadístico se basa en el consumo individual (Maccoon *et al.*, 2003).

El mayor consumo de las vacas bajo Pmix se debió a la mayor contribución de la alfalfa en la composición botánica del forraje consumido por las vacas (Cuadro 6). De acuerdo con Boland *et al.* (2012) la alfalfa representó del 70 al 79 % en el forraje consumido por bovinos pastoreando praderas de alfalfa y festuca. Asimismo, es probable que la mayor selección de alfalfa por las vacas y la mayor disponibilidad de forraje durante P-V determinaron mayores masas de bocados de dicha especie. De acuerdo con Cosgrove y Edwards (2007), las masas de bocados más grandes están influenciadas por mayores áreas y profundidades de bocado; las cuales se favorecieron con el Pmix, el cual generó mayor proporción de alfalfa que de ovillo en las praderas. En este mismo sentido apunta la conclusión de Ungar (1996); quien en su revisión indicó que las mayores profundidades pero también áreas de bocado se logran con praderas de mayor altura como son aquellas en las que alfalfa domina a ovillo.

La similitud en el consumo de las vacas estimado con marcadores entre tipos de pastoreo durante O-I, puede ser atribuida a la disminución en el crecimiento de alfalfa-ovillo durante dichas estaciones (Zaragoza *et al.*, 2009); lo cual propició praderas de menor altura que probablemente determinaron menores

masas de bocado y por tanto similares consumos de forraje tanto en Pmix como en Pmon.

Cuadro 5. Consumo (kg MS 100 kg PV⁻¹) de vacas en pastoreo mixto y monoespecífico en praderas de alfalfa-ovillo, estimado con dos métodos.

Método	Periodo	Pmix [†]	Pmon [‡]	EE [§]	P [¶]
Diferencia de masas de forraje ^ª	P-V ^{¶¶}	2.7	2.6	0.1	0.6640
	O-I ^{§§}	2.7	2.4	0.2	0.1410
Marcadores ^{††}	P-V	2.9	2.4	0.1	0.0014
	O-I	2.4	2.3	0.1	0.4918

[†] Pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras; [‡] Pastoreo monoespecífico de vacas lecheras; [§] Error estándar de la media; [¶] Nivel de significancia; ^ª Forraje ofrecido menos forraje residual; ^{††} Óxido de cromo y cenizas insolubles en ácido; ^{¶¶} Primavera-verano; ^{§§} Otoño-invierno.

La proporción de alfalfa en la composición botánica del forraje pastoreado por vacas bajo Pmix fue 26 % (P-V) y 18 % (O-I) mayor que en Pmn (P<.0001) (Cuadro 6); mientras que la de pasto ovillo fue mayor bajo Pmn 61 % en P-V y 81 % en O-I (P<.0001). No hubo diferencia en la proporción de malezas entre tipos de pastoreo (P>0.05). En el estudio realizado por Hernández *et al.* (2012), la mayor proporción de alfalfa bajo Pmix pudo deberse al efecto del pastoreo intenso de vacas y borregas; mientras que la menor proporción de ovillo fue producto del pastoreo más ligero (Pmon). Al respecto, Hernández *et al.* (2012) utilizaron diferentes intensidades de pastoreo en praderas de alfalfa-ovillo, reportando que el pastoreo severo promovió mayor proporción de alfalfa, lo cual atribuyeron a mayor tasa diaria de acumulación de forraje debido al rebrote de la alfalfa proveniente de yemas coronarias, sin aporte al nuevo crecimiento de los tallos no cosechados.

En pasto ovillo ocurrió lo contrario pues el pastoreo ligero (Pmon) favoreció la proporción de esta especie, atribuido a que en pasto ovillo con ese tipo de pastoreo quedan hojas residuales capaces de realizar fotosíntesis; lo que favorece un rebrote vigoroso y con mayor tasa diaria de acumulación (Hernández *et al.*, 2012).

Cuadro 6. Composición botánica (% MS) del forraje pastoreado por vacas en pastoreo mixto y monoespecífico en praderas de alfalfa-ovillo.

Especie	Periodo	Pmix [†]	Pmon [‡]	EE [§]	P [¶]
Alfalfa	P-V ^{¶¶}	74.4	59.3	1.495	<.0001
	O-I ^{§§}	81.4	69.2	1.421	<.0001
Pasto ovillo	P-V	25.2	40.6	1.468	<.0001
	O-I	16.2	29.3	1.390	<.0001
Malezas	P-V	0.4	0.1	0.286	0.5485
	O-I	2.4	1.5	0.688	0.3927

[†] Pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras; [‡] Pastoreo monoespecífico de vacas lecheras; [§] Error estándar de la media; [¶] Nivel de significancia; ^{¶¶} Primavera-verano; ^{§§} Otoño-invierno.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de consumo de vacas (líderes) y borregas (seguidoras) bajo Pmix en praderas de diferente edad, estimado con diferentes métodos. En este caso, únicamente se detectó una tendencia (P=0.07) del consumo de las borregas a ser mayor en praderas jóvenes y el efecto positivo de la menor edad sobre el consumo de las vacas en praderas de menor edad al ser estimado por medio de marcadores. Curran *et al.* (2010) reportaron consumos de 2.8 kg MS 100 kg PV⁻¹ con vacas similares en primavera y verano. Lo anterior puede estar atribuido a la mayor densidad de plantas de alfalfa en praderas jóvenes (Dear *et al.*, 2007); lo cual favoreció mayores masas de bocado, determinadas por mayor densidad y volumen de bocado (Cosgrove y Edwards, 2007).

Cuadro 7. Consumo (kg MS 100 kg PV⁻¹) de vacas líderes y borregas seguidoras en pastoreo mixto de praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, estimado con dos métodos.

Consumo	Método	Periodo	Jóvenes [†]	Viejas [‡]	EE [§]	P [¶]
Vacas	Diferencia de masas de forraje [⌘]	P-V ^{¶¶}	2.6	2.7	0.1	0.795
		O-I ^{§§}	2.6	2.6	0.2	0.974
		P-V	3.9	3.0	0.3	0.070
Borregas		O-I	3.9	3.3	0.2	0.069
Vacas	Marcadores ^{††}	P-V	3.0	2.3	0.1	<.0001
		O-I	2.5	2.2	0.1	0.012

[†] Praderas de uno, dos y tres años; [‡] Praderas de cuatro y cinco años; [§] Error estándar de la media; [¶] Nivel de significancia; [⌘] Forraje ofrecido menos forraje residual; ^{††} Óxido de cromo y cenizas insolubles en ácido; ^{¶¶} Primavera-verano; ^{§§} Otoño-invierno.

Partiendo de la base de lo recomendado por NRC (2007), el consumo de forraje de las borregas puede considerarse como bueno tomando en cuenta que estuvieron en gestación temprana (P-V) y secas (O-I). Coincidiendo con este resultado en estudios con borregas en praderas nativas dominadas por *Leymus chinensis* y *Stipa grandis* Glindemann *et al.* (2009) y Ma *et al.* (2014), reportaron consumos similares.

3.6 Conclusiones

El consumo de forraje de vacas lecheras bajo pastoreo mixto en praderas de alfalfa-ovillo durante primavera-verano fue mayor que el de sus similares en pastoreo monoespecífico. El consumo de forraje de borregas que pastorearon como seguidoras de las vacas fue bueno. Ambos resultados indican que esta propuesta tecnológica de pastoreo mixto es aceptable.

El consumo de forraje de las vacas fue mayor en praderas de primer, segundo y tercer año que en praderas de cuarto y quinto año, lo que permite concluir que es necesario controlar el balance de edades de las praderas en las unidades de producción.

3.7 Literatura citada

- Améndola, M. R. D. 2002. A dairy system based on forages and grazing in temperate México. PhD thesis, Wageningen Universiteit, The Netherlands. 269 p. Disponible en <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1641132> consultada el 3 de marzo de 2015.
- Améndola M. R. D., Medina L. S., y J. R. Castro. 2003. Precisión en la estimación de masas de forraje III: Evaluación de la exactitud. *In*: XXXIX Reunión nacional de investigación pecuaria. Zarco Q. L. A., González P. E., Vega M. C. A., Cuellar O. A., Pérez P. J., Marcof A. C. F., y J. L. Olivares O. (Comps). FMVZ-UNAM del 27 al 31 de octubre de 2003. UNAM. pp: 436.
- Boland, H. T., G. Scaglia, D. R. Notter, A. J. Rook, W. S. Swecker, and A. O. Abaye. 2012. Diet composition and dry matter intake of beef steers grazing tall fescue and alfalfa. *Crop Science* 52: 2817-2825.
- Bonnet, O., N. Hagenah, L. Hebbelmann, M. Meuret, and A. M. Shrader. 2011. Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? *Rangeland Ecology and Management* 64: 366-374.

- Cosgrove, G. P., and G. R. Edwards. 2007. Control of grazing intake. *In*: Pasture and Supplements for Grazing Animals. Rattray, P. V., I. M. Brookes, and A. M. Nicol (Eds.) New Zealand Society of Animal Production, Occasional Publication No. 14. Hamilton, New Zealand. pp. 61-80.
- Curran, J., L. Delaby, E. Kennedy, J. P. Murphy, T. M. Boland, and M. O'Donovan. 2010. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance are affected by pre-grazing herbage mass and pasture allowance. *Livestock Science* 127: 144-154.
- d'Aleixis, S., D. Sauvant, and M. Boval. 2014. Mixed grazing systems of sheep and cattle to improve live weight gain: a quantitative review. *Journal of Agricultural Science* 152: 655–666.
- Dear, B. S., J. M. Virgona, G. A. Sandral, A. D. Swan, and B. A. Orchard. 2007. Lucerne, phalaris and wallaby grass in short-term pasture phases in two Eastern Australian wheatbelt environments. 1. Importance of initial perennial density on their persistence and recruitment, and on the presence of weeds. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 113–121.
- Fenton, T. W., and M. Fenton. 1979. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science* 59: 631-634.
- Forbes, J. M. 2007. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. 2 ed. CAB International, Wallingford, UK. 453 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4a. ed., Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 217 p.
- Geerken C., M., D. Calzadilla, y R. González. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes* 10: 266-273.
- Glindemann, T., C. Wang, B. M. Tas, A. Schiborra, M. Gierus, F. Taube, and A. Susenbeth. 2009. Impact of grazing intensity on herbage intake, composition, and digestibility and on live weight gain of sheep on the Inner Mongolian steppe. *Livestock Science* 124: 142-147.
- Hernández G., A., P. A. Martínez H., J. Zaragoza E., H. Vaquera H., F Osnaya G., B. M. Joaquín T., y M. E. Velazco Z. 2012. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35: 259-266.
- Kloster A., M., N. J. Latimori, y M. A. Amigone. 2003. Comparación de sistemas de pastoreo rotativo (convencional vs líderes y seguidores) sobre una pastura base alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal* 23: 25-32.

- Lantinga, E. A., J. H. Neuteboom, and J. A. C. Meijis. 2004. Sward methods. *In: Herbage Intake Handbook*. Penning P. (Ed.). 2nd Ed. The British Grassland Society. Reading, UK. pp: 23-52.
- 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.
- Ma, L., F. Yuan, H. Liang, and Y. Rong. 2014. The effects of grazing management strategies on the vegetation, diet quality, intake and performance of free grazing sheep. *Livestock Science* 161: 185-192.
- Mayne, C. S., R. D. Newberry, and S. C. F. Woodcock. 1988. The effects of a flexible grazing management strategy and leader/follower grazing on the milk production of grazing dairy cows and on sward characteristics. *Grass and Forage Science* 43: 137-150.
- Mendiola-González, A., P. A. Martínez-Hernández, E. Cortés-Díaz, y C. Sánchez-del Real. 2007. Efecto del pastoreo mixto y mono-específico en una pradera de alfalfa-ovillo. *Agrociencia* 41: 395-403.
- Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. *In: Forage Quality Evaluation and Utilization*. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser. (Eds). American Society of Agronomy, Crop Science of America, Madison, USA. 988 p.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academies Press. Washington, USA. 362 p.
- Penning, P. D. 2004. Animal-based techniques for estimating herbage intake. *In: Herbage Intake Handbook*. P. D. Penning (Ed.) 2nd Ed. The British Grassland Society. UK. pp: 53-84.
- Rutter, S. M. 2010. Review. Grazing preferences in sheep and cattle: implications for production, the environment and animal welfare. *Canadian Journal of Animal Science* 90: 285-293.
- Statistical Analysis System (SAS). 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Publishing. Cary, North Carolina, USA. 5180 p.
- Tablada A., R. S., P. A. Martínez H., C. Sánchez del Real, y E. Cortés D. 2003. Rebrote en alfalfa-ovillo bajo pastoreo mixto durante el invierno. *Revista Científica, FCV-LUZ* 13: 312-318.
- Ungar, E. D. 1996. Ingestive behavior. *In: The Ecology and Management of Grazing Systems*. Hodgson, J, and A. W. Illius. (Eds.). CAB International, Wallingford, UK. pp. 185-218.
- Van Keulen, J., and B. A. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44: 282-287.
- Zaragoza E., J., A. Hernández G., J. Pérez P., J. G. Herrera H., F. Osnaya G., P. A. Martínez H., S. S. González M., A. R. Quero C. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Técnica Pecuaria México* 47: 173-188.

4 PASTOREO MIXTO DE VACAS LECHERAS CON BORREGAS COMO SEGUIDORAS EN ALFALFA-OVILLO

2. COMPOSICIÓN DEL FORRAJE

4.1 Resumen

Los objetivos fueron estimar las composiciones botánica, morfológica y nutricional del forraje consumido por vacas lecheras y borregas en pastoreo mixto en praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) de diferente edad (jóvenes de primer segundo y tercer año y viejas de cuarto y quinto año) durante primavera-verano (P-V) de 2013 y otoño-invierno (O-I) de 2014. Se evaluaron dos tratamientos, pastoreo mixto (Pmix) de vacas lecheras con borregas como seguidoras y pastoreo monoespecífico (Pmon) de vacas lecheras. El diseño fue completamente al azar con dos repeticiones por potrero; las unidades experimentales fueron lotes de tres (P-V) y cuatro vacas (O-I) y 12 borregas y sus respectivas áreas pastoreadas. Las composiciones botánica, morfológica y nutricional del forraje se estimaron mediante muestras de pastoreo simulado en cada unidad experimental. La proporción de alfalfa en el forraje consumido por las vacas fue mayor bajo Pmix y en praderas jóvenes durante P-V y O-I ($P<0.05$) y la de ovillo mayor ($P<0.05$) bajo Pmon y en praderas viejas. La proporción de alfalfa en el forraje consumido por las borregas fue mayor en praderas jóvenes y la de ovillo en praderas viejas ($P<0.05$). El contenido de PC del forraje consumido por las vacas no fue afectado por método de pastoreo o edad de las praderas ($P>0.05$). La proporción de PC en el forraje consumido por las borregas fue mayor ($P<0.05$) en praderas viejas durante O-I. Los contenidos de FDN y FDA del forraje consumido por las vacas fueron mayores bajo Pmon ($P<0.05$), mientras que en el caso de las borregas fueron mayores ($P<0.05$) en praderas jóvenes durante O-I. Bajo Pmix las vacas consumieron forraje con mayor proporción de alfalfa y con mejor composición nutricional, en tanto que la composición del forraje consumido por las borregas respondió a sus requerimientos; el pastoreo mixto de vacas con borregas como seguidoras constituyó una propuesta tecnológica aceptable.

Palabras clave: composición botánica, composición nutricional, líderes y seguidores, *Medicago sativa* L., *Dactylis glomerata* L.

MIXED GRAZING OF DAIRY COWS WITH EWES AS FOLLOWERS IN ALFALFA-ORCHARD 2. FORAGE COMPOSITION

4.2 Abstract

The objectives were to estimate the botany, morphological and nutritional compositions of herbage consumed for dairy cows and ewes in mixed grazing in pastures of alfalfa (*Medicago sativa* L.) with orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) of different ages (first second and third year as young and fourth and fifth year as old) during spring-summer (S-S) of 2013 and autumn-winter (A-W) of 2014. We evaluated two treatments, mixed grazing of dairy cows with ewes as followers and single grazing with dairy cows. The design was completely randomized with two replicates per paddock; the experimental units were groups of three (S-S) and four cows (A-W) and 12 ewes. Botanical, morphological and nutritional compositions of herbage were estimated by hand plucking in each experimental unit. The proportion of alfalfa in the herbage consumed by cows was higher under mixed grazing and young pastures during S-S and A-W ($P<0.05$) and that of orchard was higher ($P<0.05$) under single grazing with cows and old pastures. The proportion of alfalfa in the herbage consumed by ewe was higher in young pastures and that of orchard in old pastures ($P<0.05$). The CP content of the herbage consumed by cows was not affected by age of pastures or grazing method ($P>0.05$). The proportion of CP in the herbage consumed by ewe was higher ($P<0.05$) in old pastures during A-W. The content of NDF and ADF of herbage consumed by cows were higher under single grazing with cows ($P<0.05$), while in the case of ewes were higher ($P<0.05$) in young pastures during A-W. Under mixed grazing, cows consumed herbage with higher proportion of alfalfa and better nutritional composition, while the composition of herbage consumed by ewes responded to their requirements; mixed grazing of cows with ewes as followers constituted an acceptable technological option.

Key words: botanical composition, nutritional composition, leaders and followers, *Medicago sativa* L., *Dactylis glomerata* L.

4.3 Introducción

En condiciones de pastoreo bovinos y ovinos seleccionan forraje verde en crecimiento en lugar de material muerto o en proceso de maduración o senescencia (Chacón, 2012); de igual manera seleccionan hojas en lugar de tallos (Forbes, 2007). Además prefieren seleccionar dietas mixtas (Villalba y Provenza, 2009; Hill *et al.*, 2009) mostrando preferencia por algunos tipos de plantas, como en algunos casos, las leguminosas (Rutter, 2010; Boland *et al.*, 2012).

Al respecto Rutter (2010) reportó que bovinos y ovinos en pastoreo monoespecífico, cuando la proporción de la leguminosa y la gramínea en el área de pastoreo es cerca de 50 % para cada especie, seleccionan aproximadamente 70 % de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y 30 % de ballico perenne (*Lolium perenne* L.). Por su parte, Boland *et al.* (2012) reportaron mayor proporción de alfalfa (entre 70 y 79 %) en la composición botánica del forraje seleccionado por bovinos pastoreando praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y festuca (*Festuca arundinacea* Schreb). De acuerdo con Celaya *et al.* (2007) la composición de la dieta de vacas, borregas y cabras bajo pastoreo mixto en pastizales es diferente para cada especie reportando que la proporción de arbustos en la dieta seleccionada por borregas y cabras estuvo respectivamente entre 36 y 85 %, mientras que en vacas fue menor a 25 %; la proporción de especies herbáceas (principalmente gramíneas) seleccionadas por vacas fue de 75 a 99 % y de 15 a 64 % en cabras y borregas. Si bien el sitio de pastoreo (ej. pradera o pastizal) de estos estudios determinó la selección de ciertas especies por los animales en pastoreo, estos resultados quedan comprendidos dentro del triángulo de selectividad de bovinos, ovinos y caprinos presentado por Van Dyne *et al.* (1980) en su clásica revisión.

El pastoreo mixto influye en algunas características de la pradera, como en la calidad del forraje, composición botánica y proporción de malezas. Al respecto, Nolan *et al.* (2001) estudiaron el efecto del tipo de pastoreo sobre la proporción de trébol blanco y reportaron que el pastoreo de bovinos produjo mayor contenido de trébol en la pradera (13.5%) en comparación con pastoreo

mixto (9.5%) o pastoreo de ovinos (4.9%). Por su parte, Sormunen-Cristian *et al.* (2012) reportaron mejoras en la digestibilidad y energía del forraje y en su composición botánica al suprimir el crecimiento de malezas bajo pastoreo mixto de bovinos con ovinos. Estos resultados permiten inferir que el tipo de pastoreo (mixto o monoespecífico) al producir cambios en la composición del forraje de la pradera, puede afectar también la composición del forraje consumido por los animales en pastoreo.

El objetivo de este estudio fue estimar la composición botánica, morfológica y nutricional del forraje consumido por vacas como líderes y borregas como seguidoras en pastoreo mixto (Pmix) y de vacas en pastoreo monoespecífico (Pmon), en praderas de alfalfa con pasto ovillo de diferente edad, durante dos periodos del año.

4.4 Materiales y métodos

El experimento se realizó entre mayo de 2013 y febrero de 2014 en el Módulo de Producción de Leche en Pastoreo de la Universidad Autónoma Chapingo, estado de México, México, ubicado a 19°29' N, 98° 54' O y altitud de 2240 m. El clima del área de estudio es templado subhúmedo, con lluvias en verano y precipitación y temperatura media anual de 636.5 mm y 15.2 °C (García, 1988). Se consideraron dos períodos, primavera-verano (P-V) entre mayo y agosto de 2013 y otoño-invierno (O-I), entre septiembre de 2013 y febrero de 2014.

Se utilizaron seis (P-V) y nueve (O-I) potreros de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) de uno a cinco años de edad con área total de 3.2 y 4.4 hectáreas; el incremento en número de potreros en O-I se debió a la menor productividad de las praderas durante esa época. Se emplearon 12 (P-V) y 16 (O-I) vacas Holstein Neozelandés en lactancia, con peso promedio y desviación estándar de 500 ± 77 (P-V) y 537 ± 64 kg (O-I). Como seguidoras se usaron 24 borregas primíparas Pelibuey con peso promedio y desviación estándar 43 ± 7 kg.

Bajo un diseño completamente al azar con dos repeticiones por potrero, se evaluaron dos tratamientos, Pmix de vacas lecheras con borregas como

seguidoras y Pmon de vacas lecheras. Las unidades experimentales fueron los lotes de animales y sus respectivas áreas pastoreadas en cada potrero. En el caso de las vacas se formaron lotes de tres (P-V) y cuatro (O-I) vacas en lactancia, en tanto que en el caso de las borregas fueron lotes de 12 borregas ambos balanceados en función del peso vivo. Los seis (P-V) y nueve (O-I) potreros de alfalfa-ovillo fueron divididos en cuatro parcelas de igual tamaño utilizando cerco eléctrico móvil, Las parcelas se asignaron al azar a cada lote de vacas de Pmix y Pmon; en el caso de Pmix al día siguiente del pastoreo por las vacas líderes, las borregas accedieron al área previamente pastoreada por las vacas. Las vacas se ordeñaron a las 6:30 y 15:30, recibieron 1.6 kg MS de alimento concentrado (Cuadro 8) por vaca después de cada ordeña y permanecieron en el área de pastoreo el resto del día en ambos periodos; durante O-I se suplementó cada vaca con 2.1 kg MS d⁻¹ de ensilado de maíz (Cuadro 8). Las borregas estuvieron en el área de pastoreo entre las 08:00 y las 17:00, el resto de la jornada fueron encerradas en corral con acceso a agua y minerales en ambos periodos; durante O-I cada borrega se suplementó con 400 g MS d⁻¹ de ensilado de maíz.

Cuadro 8. Composición nutricional del concentrado y ensilado de maíz ofrecido.

Componente	Concentrado	Ensilado de maíz
Materia seca (MS), %	92.0	30.0
Proteína cruda, % MS	17.0	8.7
Fibra detergente neutro, % MS	16.0	45.5
Fibra detergente ácido, % MS	4.7	26.6
Cenizas, % MS	5.5	6.4
Energía metabolizable [†] , Mcal kg MS ⁻¹	3.10	2.43

[†] Estimada a partir de FDA.

El pastoreo fue rotacional intensivo con periodos de ocupación promedio de 6 y 4 d en P-V y O-I respectivamente y periodos de descanso de 37 y 45 d en P-V y O-I respectivamente. En Pmix las vacas pastorearon como líderes y las borregas como seguidoras. Previo al inicio de las mediciones de P-V, se realizó por lo menos un ciclo de adaptación a Pmix y Pmon en cada potrero respetando el orden aleatorio, en el periodo que medió entre las mediciones de P-V y O-I se continuó aplicando el manejo que correspondía a cada unidad experimental.

Para definir el área de pastoreo que se ofrecería a las vacas se tomaron muestras de forraje ofrecido de cada unidad experimental para definir la asignación diaria de forraje. La asignación diaria de forraje se calculó considerando 1) el peso de las vacas, 2) una meta de consumo total de 3.2 kg MS 100 kg PV⁻¹ d⁻¹, 3) el consumo de suplemento y 4) eficiencias de cosecha del forraje por encima de 5 cm de altura de 70 % durante P-V y 80 % durante O-I. Las diferencias en metas de eficiencia de utilización entre estaciones se debieron a que durante O-I el forraje fue más tierno.

La composición del forraje consumido por vacas y borregas se estimó mediante el corte de muestras de pastoreo simulado (Bonnet *et al.*, 2011); a partir de una muestra compuesta de varias submuestras colectadas en cada unidad experimental. De cada muestra se tomaron dos submuestras para estimar con base en una de ellas sus composiciones botánica y morfológica y con base en la otra su composición nutricional.

Para estimar composición botánica y morfológica se utilizó separación manual (Whalley y Hardy, 2000), cada submuestra se separó en alfalfa, ovillo y malezas, y a su vez cada especie se separó en tallo, hoja y flor. Cada componente fue secado en una estufa con circulación forzada de aire a 100° C hasta peso constante y sobre la base del peso seco se calculó la proporción de cada componente.

Las submuestras para estimación de composición nutricional luego de secadas hasta peso constante en una estufa con circulación forzada de aire a 55° C, se molieron en un molino Wiley® 4 USA con criba de 1 mm; posteriormente se sometieron a análisis de contenidos de cenizas, mediante incineración a 550° C hasta alcanzar cenizas blancas (AOAC, 1990), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991) con un ANKOM²⁰⁰ Fiber Analyzer USA, Proteína cruda (PC=N*6.25) con un Elemental Analyzer 2400 Series II CHNS/O PerkinElmer® USA.

Para el análisis estadístico de la composición botánica, morfológica y nutricional del forraje consumido por las vacas, los modelos estadísticos incluyeron efectos del tratamiento (Pmix y Pmon), pradera, interacción entre

tratamiento y pradera, y residual (Ecuación 1). En el caso de la composición botánica, morfológica y nutricional del forraje consumido por las borregas se tomó en cuenta únicamente el efecto de la pradera (Ecuación 2).

$$Y_{ijk} = \mu + \text{tratamiento}_i + \text{pradera}_j + \text{tratamiento} * \text{pradera}_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

$$Y_{ij} = \mu + \text{pradera}_i + e_{ij} \quad (2)$$

Donde

Y_{ijk} y Y_{ij} representaron cada componente de la composición botánica, morfológica y nutricional del forraje consumido por vacas y borregas, respectivamente. El análisis se realizó con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2004). Las medias de los tratamientos fueron estimadas utilizando LSMEANS y mediante contrastes ortogonales se evaluó el efecto de la edad de las praderas (jóvenes primero, segundo y tercer año; viejas cuarto y quinto año).

4.5 Resultados y discusión

La interacción entre el método de pastoreo y edad de las praderas mostró efecto ($P < 0.05$) en las proporciones de alfalfa y ovillo, durante O-I (Cuadro 10). La proporción de alfalfa en el forraje consumido por las vacas fue mayor cuando estas permanecieron bajo Pmix y en praderas jóvenes durante P-V (Cuadro 9) y O-I (Cuadro 10) ($P < 0.05$). La contribución de alfalfa únicamente fue mayor ($P < 0.05$) en el forraje consumido por las vacas bajo Pmix en praderas viejas durante O-I (Cuadro 10). Por el contrario, Tablada *et al.* (2003) no encontraron diferencias en composición botánica y morfológica del forraje por efecto del tipo de pastoreo (mixto y monoespecífico) en praderas similares. De la proporción de alfalfa del forraje consumido por las vacas, en promedio 55 % fue hoja y 45 % fue tallo. Este resultado está asociado con el hecho de que en la distribución vertical de la composición de alfalfa las hojas están concentradas sobre la mitad superior del dosel y la proporción de tallos domina en la mitad inferior (Cangiano *et al.*, 2008).

Cuadro 9. Composición botánica y morfológica (% MS) del forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, durante primavera-verano.

Componente	Edad	Pmix [†]	Pmon [‡]	Media	Nivel de significancia [§]	
Alfalfa	Jóvenes ^p	78.8	67.1	73.0	P	**
	Viejas ^a	70.1	51.5	60.8	E	*
	Media	74.5	59.3		P*E	ns
Hoja alfalfa	Jóvenes	36.6	32.4	34.5	P	**
	Viejas	36.0	26.2	31.1	E	ns
	Media	36.3	29.3		P*E	ns
Tallo alfalfa	Jóvenes	41.6	34.5	38.1	P	*
	Viejas	33.7	24.6	29.2	E	**
	Media	37.7	29.6		P*E	ns
Flor alfalfa	Jóvenes	0.4	0.1	0.3	P	ns
	Viejas	0.4	0.7	0.6	E	ns
	Media	0.4	0.4		P*E	ns
Ovillo	Jóvenes	21.2	32.9	27.1	P	**
	Viejas	29.1	48.3	38.7	E	*
	Media	25.2	40.6		P*E	ns
Hoja ovillo	Jóvenes	18.5	30.5	24.5	P	**
	Viejas	26.6	43.4	35.0	E	*
	Media	22.6	37.0		P*E	ns
Tallo ovillo	Jóvenes	2.7	2.4	2.6	P	ns
	Viejas	2.5	4.9	3.7	E	ns
	Media	2.6	3.7		P*E	ns
Malezas	Jóvenes	0	0	0	P	ns
	Viejas	0.8	0.3	0.6	E	ns
	Media	0.4	0.2		P*E	ns

[†] Pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras; [‡] Pastoreo monoespecífico de vacas lecheras; [§] Significancia de los efectos del método de pastoreo (P), edad de las praderas (E) y su interacción; * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001; ns no significativo; ^p Praderas de uno, dos y tres años; ^a Praderas de cuatro y cinco años.

Como era de esperar, la composición botánica y morfológica del forraje consumido por las vacas reflejó principalmente la composición del dosel pastoreado, ya que en ambos tratamientos y ambos tipos de praderas se encontró dominancia de alfalfa sobre pasto ovillo. De acuerdo con Zaragoza *et al.* (2009) la contribución de alfalfa en praderas de la misma asociación varió de 90 a 64 %. Asimismo, Boland *et al.* (2012) reportaron mayor proporción de alfalfa (entre 70 y 79 %) en la composición botánica del forraje seleccionado por bovinos pastoreando praderas de alfalfa y festuca.

Como correspondió a una situación de pastoreo en praderas dominadas por dos especies, la proporción de pasto ovillo fue mayor en el forraje consumido

por las vacas bajo Pmon y en praderas viejas durante P-V (Cuadro 9) y O-I (Cuadro 10) ($P<0.05$). De la proporción de ovillo del forraje consumido, en promedio 90 % correspondió a hoja y 10 % a tallo; lo cual se relaciona con la distribución vertical de tallos en gramíneas en estado vegetativo, que predomina en alturas bajas (Améndola, 2002) y a la mayor preferencia que tienen los bovinos por las hojas en relación a los tallos (Forbes, 2007).

Cuadro 10. Composición botánica y morfológica (% MS) del forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, durante otoño-invierno.

Componente	Edad	Pmix [†]	Pmon [‡]	Media	Nivel de significancia [§]	
Alfalfa	Jóvenes ^º	81.3	75.0	78.2	P	***
	Viejas ^ª	81.6	57.4	70.0	E	*
	Media	81.5	66.2		P*E	*
Hoja alfalfa	Jóvenes	51.7	46.3	49.0	P	**
	Viejas	47.6	36.6	42.1	E	**
	Media	49.7	41.5		P*E	ns
Tallo alfalfa	Jóvenes	29.7	28.8	29.3	P	**
	Viejas	33.9	20.8	27.4	E	ns
	Media	31.8	24.8		P*E	**
Ovillo	Jóvenes	15.3	22.7	19.0	P	***
	Viejas	18.0	42.7	30.4	E	**
	Media	16.7	32.7		P*E	*
Hoja ovillo	Jóvenes	13.1	19.6	16.4	P	***
	Viejas	16.0	38.1	27.0	E	**
	Media	14.6	28.9		P*E	*
Tallo ovillo	Jóvenes	2.2	3.0	2.6	P	*
	Viejas	2.0	4.5	3.3	E	ns
	Media	2.1	3.8		P*E	ns
Malezas	Jóvenes	3.4	2.2	2.8	P	ns
	Viejas	0.3	0.0	0.15	E	ns
	Media	1.9	1.1		P*E	ns

[†] Pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras; [‡] Pastoreo mono-específico de vacas lecheras; [§] Significancia de los efectos del método de pastoreo (P), edad de las praderas (E) y su interacción; * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$; ns no significativo; ^º Praderas de uno, dos y tres años; ^ª Praderas de cuatro y cinco años.

La mayor proporción de alfalfa bajo Pmix se asoció al efecto del pastoreo intenso de las borregas como seguidoras de las vacas; mientras que la mayor proporción de ovillo con Pmon fue producto del pastoreo más ligero de las vacas. Al respecto, Hernández *et al.* (2012) reportaron que en praderas de

alfalfa-ovillo, el pastoreo severo promovió mayor proporción de alfalfa, tallo y hoja de la misma; lo cual atribuyeron a que los rebrotes de esta especie provienen de yemas coronarias y a que los tallos y hojas residuales no originan nuevo crecimiento ni hacen un aporte fotosintético importante al mismo. Por el contrario, la mayor proporción de pasto ovillo y sus componentes con pastoreo ligero (Pmon), puede atribuirse a que quedan hojas residuales capaces de realizar fotosíntesis; lo que favorece un rebrote vigoroso y con mayor tasa diaria de acumulación (Hernández *et al.*, 2012).

La edad de las praderas tuvo efecto ($P < 0.05$) sobre la composición botánica del forraje consumido por las borregas, las proporciones de alfalfa fueron mayores en praderas jóvenes y las de ovillo en praderas viejas (Cuadro 11). De la proporción de alfalfa consumida por las borregas en praderas jóvenes y viejas, en promedio 70 % fue tallo y 30 % hoja, lo que es indicativo de su condición de seguidoras, ya que esas proporciones resultaron prácticamente recíprocas de las encontradas en el caso del forraje consumido por las vacas. De la proporción de ovillo consumida por las borregas, en promedio 75 % fue hoja y 25 % tallo. Además, este último componente se encontró en muy baja proporción en el forraje consumido por las vacas (menor de 5 %) y ocupó proporciones mayores en el forraje consumido por las borregas (22 % en P-V y 10 % en O-I); relacionado con el carácter de seguidoras de estas últimas y a la habilidad que tienen los ovinos para cosechar forraje a menor altura (Sollenberger *et al.* 2013).

Las mayores proporciones de alfalfa y de sus componentes en el forraje consumido por las vacas y borregas en praderas jóvenes, así como la dominancia de pasto ovillo sobre alfalfa en praderas viejas puede atribuirse a la mayor densidad de plantas de alfalfa que predomina en praderas jóvenes, misma que disminuye en praderas viejas (Dear *et al.*, 2007). La similitud en las proporciones de flor de alfalfa, tallo de ovillo y malezas entre métodos de pastoreo y edad de las praderas, puede atribuirse a la baja contribución que tienen en la composición botánica y morfológica del forraje (Cuadros 9, 10 y 11).

Cuadro 11. Composición botánica y morfológica (% MS) del forraje consumido por borregas seguidoras en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad.

Componente	Periodo	Jóvenes [†]	Viejas [‡]	Nivel de significancia [§]
Alfalfa	P-V ^ᵇ	49.7	21.3	**
	O-I ^ᵃ	61.2	31.3	***
Hoja alfalfa	P-V	8.6	9.1	ns
	O-I	25.3	19.9	ns
Tallo alfalfa	P-V	41.1	12.2	**
	O-I	35.9	11.4	***
Ovillo	P-V	50.3	78.5	**
	O-I	36.5	63.5	***
Hoja ovillo	P-V	37.1	48.6	ns
	O-I	28.8	52.0	***
Tallo ovillo	P-V	13.2	30.0	ns
	O-I	7.7	11.5	ns
Malezas	P-V	0	0	
	O-I	2.3	5.2	ns

[†] Praderas de uno, dos y tres años; [‡] Praderas de cuatro y cinco años; [§] * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$; ns no significativo; ^ᵇ Primavera-verano; ^ᵃ Otoño-invierno.

Los efectos de tratamientos sobre la composición nutricional del forraje consumido (Cuadros 12 y 13) reflejaron en parte sus efectos sobre la composición botánica. El contenido de PC del forraje consumido por las vacas fue similar entre métodos de pastoreo y entre praderas jóvenes y viejas, tanto en P-V (Cuadro 12) como en O-I (Cuadro 13) ($P>0.05$). Sin embargo, la proporción de dicho componente fue mayor ($P<0.05$) en el forraje consumido por las borregas únicamente en praderas viejas durante O-I (Cuadro 14). La mayor proporción de PC puede estar asociada a la disminución del crecimiento de pasto ovillo durante el invierno (Zaragoza *et al.*, 2009); lo que favoreció una mayor proporción de alfalfa en el forraje durante esa estación. El aporte promedio de PC del forraje cosechado por las borregas como seguidoras, cubrió los requerimientos de este nutrimento recomendados por NRC (2007) durante los periodos de P-V (gestación) y O-I (mantenimiento).

La similitud en el contenido de PC del forraje consumido por las vacas en los efectos principales se puede asociar a que las vacas respondieron en la composición de su dieta a la composición de las praderas que en el caso de

esta asociación es dominada por alfalfa sobre todo en los estratos superiores, tal como ya se indicó en párrafos anteriores. Por otra parte, este hecho también respondió a lo indicado por Villalba y Provenza (2009), quienes indicaron que los rumiantes en pastoreo seleccionan su dieta a partir de diversas plantas que varían en contenido de nutrientes y el resultado es una dieta más alta en nutrientes que el contenido promedio en dichas plantas. En el presente estudio, las vacas seleccionaron mayor proporción de alfalfa y menor proporción de ovido, lo cual determinó que estas consumieran forraje con alto contenido de PC; debido posiblemente a que el contenido de dicho nutriente en leguminosas es mayor al de gramíneas (NRC, 2001).

Cuadro 12. Composición nutricional (% MS) de forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovido de diferente edad, durante primavera-verano.

Componente	Edad	Pmix [†]	Pmon [¶]	Media	Nivel de significancia [§]	
PC ^p	Jóvenes ^{¶¶}	26.7	24.1	25.4	P	ns
	Viejas ^{§§}	24.6	23.5	24.0	E	ns
	Media	25.7	23.8		P*E	ns
FDN ^p	Jóvenes	40.7	45.0	42.9	P	*
	Viejas	41.6	46.1	43.9	E	ns
	Media	41.2	45.6		P*E	ns
FDA ^{††}	Jóvenes	24.0	25.4	24.7	P	*
	Viejas	22.5	25.6	24.1	E	ns
	Media	23.3	25.5		P*E	ns
Cenizas	Jóvenes	11.0	10.6	10.8	P	ns
	Viejas	10.6	11.7	11.2	E	ns
	Media	10.8	11.2		P*E	ns

[†] Pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras; [¶] Pastoreo mono-específico de vacas lecheras; [§] Significancia de los efectos del método de pastoreo (P), edad de las praderas (E) y su interacción; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; ns no significativo; ^p Proteína cruda; ^a Fibra Detergente Neutro; ^{††} Fibra Detergente Ácido; ^{¶¶} Praderas de uno, dos y tres años; ^{§§} Praderas de cuatro y cinco años.

El método de pastoreo afectó los contenidos de FDN y FDA del forraje consumido por las vacas durante P-V (Cuadro 12) y O-I (Cuadro 13) ($P < 0.05$). Los contenidos de fibras fueron mayores en el forraje consumido por las vacas bajo Pmon. Las menores proporciones de FDN y FDA del forraje consumido por las vacas bajo Pmix pueden estar asociadas al efecto de la severidad del pastoreo que produjeron vacas y borregas en dicho tratamiento, al aumentar la contribución de hoja de alfalfa. Al respecto, Tuñón *et al.* (2013) obtuvieron

en ballico perenne (*Lolium perenne*) con pastoreo severo, forraje con menor contenido de FDN y mayor proporción de hoja.

Cuadro 13. Composición nutricional (% MS) de forraje consumido por vacas en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad, durante otoño-invierno.

Componente	Edad	Pmix [†]	Pmon [¶]	Media	Nivel de significancia [§]	
PC ^º	Jóvenes ^{¶¶}	25.5	23.9	24.7	P	ns
	Viejas ^{§§}	26.5	25.9	26.2	E	ns
	Media	26.0	24.9		P*E	ns
FDN ^ª	Jóvenes	35.5	37.5	36.5	P	*
	Viejas	32.1	40.0	36.0	E	ns
	Media	33.8	38.8		P*E	ns
FDA ^{††}	Jóvenes	18.8	19.8	19.3	P	**
	Viejas	17.4	20.8	19.1	E	ns
	Media	18.1	20.3		P*E	ns
Cenizas	Jóvenes	10.7	11.0	10.9	P	ns
	Viejas	11.6	11.4	11.5	E	**
	Media	11.2	11.2		P*E	ns

† Pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas como seguidoras; ¶ Pastoreo monoespecífico de vacas lecheras; § Significancia de los efectos del método de pastoreo (P), edad de las praderas (E) y su interacción; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; ns no significativo; º Proteína cruda; ª Fibra Detergente Neutro; †† Fibra Detergente Ácido; ¶¶ Praderas de uno, dos y tres años; §§ Praderas de cuatro y cinco años.

La edad de las praderas no afectó ($P > 0.05$) los contenidos de FDN y FDA del forraje consumido por las vacas. Sin embargo, las proporciones de FDN y FDA del forraje consumido por las borregas fueron mayores ($P < 0.05$) en praderas jóvenes durante O-I (Cuadro 14), lo que se asoció a la mayor proporción de tallo de alfalfa (Cuadro 11), ya que de acuerdo con Sheaffer *et al.* (2000) el contenido de FDN y FDA de alfalfa es mayor en tallo que en hoja. Por su parte, Cangiano *et al.* (2008) también destacaron que la calidad nutricional de tallo de alfalfa disminuye de la parte superior a la inferior del dosel y las borregas consumieron la mayor proporción de tallo de la parte inferior (la parte superior fue consumida por las vacas).

Cuadro 14. Composición nutricional (% MS) del forraje consumido por borregas seguidoras en praderas de alfalfa-ovillo de diferente edad.

Componente	Periodo	Jóvenes [†]	Viejas [‡]	Nivel de significancia [§]
PC ^p	P-V ^{¶¶}	18.0	17.0	ns
	O-I ^{§§}	19.2	22.4	*
FDN ^ª	P-V	57.0	59.9	ns
	O-I	42.8	39.8	*
FDA ^{††}	P-V	35.0	36.7	ns
	O-I	24.0	21.8	*
Cenizas	P-V	15.6	20.3	*
	O-I	13.0	15.9	**

† Praderas de uno, dos y tres años; ‡ Praderas de cuatro y cinco años; § * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; ns no significativo; ^p Proteína cruda; ^ª Fibra Detergente Neutro; ^{††} Fibra Detergente Ácido; ^{¶¶} Primavera-verano; ^{§§} Otoño-invierno.

4.6 Conclusiones

El pastoreo mixto de vacas lecheras con borregas de seguidoras en praderas de alfalfa-ovillo durante primavera-verano y otoño-invierno propició que las vacas consumieran forraje con mayor proporción de alfalfa. Asimismo, en pastoreo mixto consumieron forraje con menores contenidos de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido. Bajo pastoreo mixto mejoró la composición nutricional del forraje consumido por las vacas lecheras.

Las borregas que pastorearon como seguidoras de las vacas consumieron un forraje con mayor proporción de tallos de alfalfa en praderas jóvenes y con mayor proporción de hoja de ovillo en praderas viejas; sin embargo la composición nutricional del forraje consumido permitió cubrir sus requerimientos nutricionales.

El pastoreo mixto de vacas con borregas como seguidoras constituye una propuesta tecnológica aceptable.

4.7 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. Disponible en <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1641132> consultada el 3 de marzo de 2015.

- Association of Official Analytical Chemists, (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. USA. 728 p.
- Boland, H. T., G. Scaglia, D. R. Notter, A. J. Rook, W. S. Swecker, and A. O. Abaye. 2012. Diet composition and dry matter intake of beef steers grazing tall fescue and alfalfa. *Crop Science* 52: 2817-2825.
- Bonnet, O., N. Hagenah, L. Hebbelmann, M. Meuret, and A. M. Shrader. 2011. Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? *Rangeland Ecology and Management* 64: 366-374.
- Cangiano, C. A., A. R. Castillo, J. N. Guerrero, and D. H. Putnam. 2008. Alfalfa grazing management. *In: Irrigated Alfalfa Management*. C. G. Summers and D. H. Putnam (Eds). University of California. California. USA. pp: 281-297.
- Celaya, R., M. Oliván, L. M. M. Ferreira, A. Martínez, U. García, and K. Osoro. 2007. Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livestock Science* 106: 271-281.
- Chacón R., E. A. 2012. Consumo, selección de dieta y componentes del consumo del rumiante a pastoreo. *Mundo Pecuário* 8: 107-120.
- Dear, B. S., J. M. Virgona, G. A. Sandral, A. D. Swan, and B. A. Orchard. 2007. Lucerne, phalaris and wallaby grass in short-term pasture phases in two Eastern Australian wheatbelt environments. 1. Importance of initial perennial density on their persistence and recruitment, and on the presence of weeds. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 113-121.
- Forbes, J. M. 2007. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. 2nd Ed. CAB International, Wallingford, UK. 453 p.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana) 4a. Ed., Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 217 p.
- Hernández G., A., P. A. Martínez H., J. Zaragoza E., H. Vaquera H., F Osnaya G., B. M. Joaquín T., y M. E. Velazco Z. 2012. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35: 259-266.
- Hill, J. D. F., D. F. Chapman, G. P. Cosgrove, and A. J. Parsons. 2009. Do ruminants alter their preference for pasture species in response to the synchronization of delivery and release of nutrients? *Rangeland Ecology and Management* 62: 418-427.
- Nolan, T., J. Connolly, and M. Wachendorf. 2001. Mixed grazing and climatic determinants of white clover (*Trifolium repens* L.) content in a permanent pasture. *Annals of Botany* 88: 713-724.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. The National Academy Press, Washington, DC. USA. 292 p.

- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academies Press. Washington, USA. 362 p.
- Rutter, S. M. 2010. Review. Grazing preferences in sheep and cattle: implications for production, the environment and animal welfare. *Canadian Journal of Animal Science* 90: 285-293.
- Sheaffer, C. C., N. P. Martin, J. F. S. Lamb, G. R. Cuomo, J. Grimsbo J., and S. R. Quering. 2000. Leaf and stem properties of alfalfa entries. *Agronomy Journal* 92: 733–739.
- Statistical Analysis System (SAS). 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Publishing. Cary, North Carolina, USA. 5180 p.
- Sollenberger, L., S. W. Coleman, e J. M. B. Vendramini. 2013. As interações entre plantas e herbívoros em pastagens. *In: Forragicultura: Ciência, Tecnologia y Gestão dos Recursos Forrageiros*. R. A. Reis, T. F. Bernardes, e G. R. Siqueira (Eds). Gráfica Multipress Jaboticabal SP. Brasil. pp: 69-76.
- Sormunen-Cristian, R., M. Manninen, and A. Oksanen. 2012. Mixed grazing by suckler cows, calves and lambs in a cultivated pasture. *Livestock Science* 145: 258-265.
- Tablada A., R. S., P. A. Martínez H., C. Sánchez del Real, y E. Cortés D. 2003. Rebrote en alfalfa-ovillo bajo pastoreo mixto durante el invierno. *Revista Científica, FCV-LUZ* 13: 312-318.
- Tuñon, G., E. Kennedy, B. Horan, D. Hennessy, N. López-Villalobos, P. Kemp., A. Brennan and M. O'Donovan. 2013. Effect of grazing severity on perennial ryegrass herbage production and sward structural characteristics throughout an entire grazing season. *Grass and Forage Science* 69: 104-118.
- Van Dyne, G. M., N. R. Brockington, Szucs, J. Duck, and C. A. Ribie. 1980. Large herbivore subsystem. *In: Grasslands, Systems Analysis and Man*. Brey Meyer, A. I. and G. M. Van Dyne (Eds.). Cambridge Univ. Press pp. 269-537.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Villalba, J. J., and F. D. Provenza. 2009. Learning and dietary choice in herbivores. *Rangeland Ecology and Management* 62: 399-406.
- Whalley, R. D. B., and M. B. Hardy. 2000. Measuring botanical composition of grasslands. *In: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. L. t' Mannejte, y R. M. Jones (Eds.). CABI Publishing. Wallingford, UK. pp. 9-28.
- Zaragoza E., J., A. Hernández G., J. Pérez P., J. G. Herrera H., F. Osnaya G., P. A. Martínez H., S. S. González M., A. R. Quero C. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Técnica Pecuaria en México* 47: 173-188.