



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

TESIS DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS

**Composición botánica de la dieta de novillitos en un pastizal  
rolado en la región semiárida central de Argentina**

**Lucas Ramiro Butti**

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2015

## PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magister en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Agronomía entre los años 2010 y 2015, bajo la dirección de la Dra. Ivone Lindström y del director adjunto Lic. Mg. Edgardo Adema (INTA, EEA Anguil).

---

Ing. Lucas R. Butti



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR  
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el .../.../....., mereciendo la calificación de ..... (.....)

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi familia y en especial a mi compañera de vida, Lorena y mis dos soles: Ignacio y Joaquín, por el esfuerzo y acompañamiento en este proceso de formación profesional. Día a día me doy cuenta de lo importante que son en mi vida.

A Ivone Lindström, gracias por la paciencia, dedicación y las enseñanzas inculcadas en el desarrollo de esta tesis.

A Edgardo Adema que siempre confió en mí y me ayudó a cumplir con los diversos compromisos laborales surgidos en el tiempo de desarrollo de esta tesis.

A Ricardo Camina por su asesoramiento en los aspectos estadísticos.

A Guillermo Berterreix por el acompañamiento continuo en los trabajos de campo y el acondicionamiento de las muestras de heces.

A Federico Frank por la traducción del Resumen.

A Flavia Epuñan, responsable de la Biblioteca de la EEA INTA Anguil, por su colaboración y búsqueda de la bibliografía necesaria para el desarrollo de esta tesis.

A Roberto Distel, por sus valiosas sugerencias.

A Laura Borrelli, por su tiempo y desinteresada colaboración.

Al Departamento de Agronomía y al personal del Laboratorio de Morfología Vegetal de la UNS, por permitirme desarrollar gran parte de esta tesis en sus oficinas.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por darme la oportunidad de capacitarme y financiar esta tesis.

## RESUMEN

En numerosos pastizales semiáridos del mundo, la combinación de procesos naturales y antrópicos afecta la condición del pastizal y favorece su arbustización, reduciendo la disponibilidad de las herbáceas forrajeras más valiosas. Analizar la composición botánica de la dieta de vacunos en relación con la disponibilidad, el estado fenológico y la proporción de las principales especies forrajeras permite planificar estrategias de pastoreo tendientes a mejorar el desempeño de los animales y a hacer un uso eficiente de los pastizales. El objetivo general de esta tesis fue determinar la composición botánica de la dieta de novillitos en recría bajo un sistema de pastoreo rotativo flexible en un campo natural rolado en la región semiárida templada central de Argentina.

El estudio se realizó en cuatro potreros de 25 ha cada uno pastoreados secuencialmente con 20 novillitos durante dos ciclos en el año 2010. Las especies presentes en el pastizal se clasificaron en: poáceas de invierno (POI) y verano (POV), dicotiledóneas herbáceas (DH) y arbustos (ARB), evaluándose la cobertura, densidad y disponibilidad de forraje de cada grupo. La determinación de la composición botánica de la dieta se realizó por el método microhistológico de heces recolectadas directamente del recto de cada novillito a los 10, 22 y 45 días desde el ingreso de los animales a cada potrero.

Las poáceas representaron más del 80% de la disponibilidad total de forraje. En la mayoría de los casos, más de la mitad correspondió a POI. En solo uno de los potreros, las POV representaron el 70 y 48% en el primer y

segundo período de pastoreo, respectivamente. La disponibilidad estimada de DH y ARB fue poco relevante en todos los casos.

La disponibilidad y el estado fenológico afectaron la composición botánica de la dieta de los novillitos. En la mayoría de los potreros, la proporción de POI disminuyó (de 70 a 43%) y la de POV (11 a 26%) y ARB (16 a 28%) se incrementó en la dieta de los novillos a medida que avanzaba el tiempo de pastoreo en cada potrero. La composición botánica de la dieta de los novillitos difirió entre las tres estaciones del año analizadas. Las POI fueron las más consumidas en las tres estaciones del año, y en particular en invierno; mientras que, las POV y las DH fueron más consumidas en otoño y primavera.

El análisis de componentes principales permitió sintetizar la información de la dieta de los novillitos y la conformación de tres grupos. En general, las POI fueron más importantes en la dieta al inicio del pastoreo de cada potrero (Grupo 1) y los ARB lo fueron al final (Grupo 2). El incremento en las proporciones de POV y DH en la dieta (Grupo 3) estuvo relacionado con la estación del año y no con el momento del pastoreo dentro de cada potrero. Los resultados obtenidos en este estudio permitirán mejorar la planificación de estrategias de pastoreo bovino en ambientes áridos y semiáridos como el del área de estudio. Futuras investigaciones deberían orientarse a analizar la composición botánica de la dieta y las ganancias de peso de los animales bajo diferente carga animal y esquemas de manejo del pastoreo (continuo, rotativo con diferentes tiempos de uso y descanso, etc.), como así también la calidad de la dieta.

## ABSTRACT

In many semiarid grasslands of the world the combination of natural and anthropic processes affects their condition, and favors shrubs encroachment, thus reducing the availability of forage grasses. The analysis of the botanical composition of cattle diet, in relation to the availability, phenological stage and proportion of the main forage species allows the planning of grazing strategies that improve the performance of cattle, and an efficient use of grasslands. The general objective of this Thesis was to determine the botanic composition of stocker cattle diet under a flexible rotational grazing system, in a rolled native shrubland situated in central semiarid Argentina.

The study was carried out in four 25-ha paddocks, grazed sequentially with 20 steers during two cycles in 2010. The species present at the site were classified in four groups: Winter Grasses (WG), Summer Grasses (SG), Forbs (F) and Shrubs (SHR). Soil cover, plant density and forage availability were evaluated for each group. The determination of the botanic composition of the diet was carried out using micro-histological technique of feces collected from the rectum of each steer 10, 22 and 45 days after they entered each paddock.

More than 80% of total forage availability corresponded to grasses. In most cases, more than half of it corresponded to WG. In one of the paddock, SG represented 70 and 48% in the first and second foraging period, respectively. The availabilities of F and SHR were not relevant in any cases.

Forage availability and the phenological stage affected the botanical composition of the steer's diet. The proportion of WG diminished (from 70 to

43%), while SG (11 to 26%) and SHR (16 to 28%) increased as foraging time progressed in each paddock. The botanical composition of the steer's diet differed among the three analyzed seasons. WG were consumed in all three seasons, particularly in winter (64%), while SG (24%) and F (10%) were consumed mainly in fall and spring.

The analysis of main variance components allowed to synthesize the data of steers diet and the conformation of three groups. In general, WG were more important in the diets at the beginning of each foraging period (Group 1) while SHR were so at the end (Group 2). The increment of SG and F in the diet (Group 3) was more related to the season than to the time of foraging within each paddock. The results obtained this study allow to improve the planning of bovine foraging strategies in arid and semiarid environments as the study area. Future works should analyzed the botanical composition of the diet and animal weight gains under different stocking intensities and grazing management schemes (continuous, rotational, varied foraging and rest times, etc.), as well as the quality of the diet.

**Certifico que fueron incluidos los cambios y correcciones sugeridas por los jurados.**

**Firma del Director**

## ÍNDICE

RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE .....	viii
LISTA DE TABLAS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Hipótesis y Objetivos .....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
2.1 Sitio de estudio .....	9
2.2 Diseño del experimento .....	10
2.3 Caracterización ambiental .....	11
2.4 Caracterización del suelo .....	12
2.5 Caracterización de la vegetación .....	12
2.6 Ensayo de pastoreo .....	15
2.7 Composición botánica de la dieta .....	16
2.7.1 Bases para la identificación histológica .....	16
2.7.2 Entrenamiento y evaluación de la precisión de la técnica microhistológica .....	17
2.7.3 Análisis microhistológico de muestras fecales .....	19
2.7.4 Número de preparados por muestra y número de campos por preparado .....	19
2.7.5 Análisis de dieta .....	20
2.8 Índice de selectividad .....	20
2.9 Análisis estadístico .....	21
3. RESULTADOS .....	25
3.1 Variables ambientales .....	25
3.2 Caracterización del suelo .....	26
3.3 Caracterización de la vegetación .....	27



3.3.1	Cobertura y área inaccesible.....	27
3.3.2	Proporción relativa y clasificación utilitaria.....	28
3.3.3	Densidad y disponibilidad.....	31
3.3.4	Caracterización fenológica.....	33
3.4	Composición botánica de la dieta.....	36
3.4.1	Evaluación de la precisión de la técnica microhistológica.....	36
3.4.2	Determinación del número de preparados por muestra y del número de campos por preparado.....	37
3.4.3	Análisis microhistológico de muestras fecales.....	39
3.4.3.1	Análisis de la dieta por potrero.....	39
3.4.3.2	Análisis de la dieta según la estación del año.....	53
3.4.3.3	Análisis de la dieta según los ciclos de pastoreo.....	54
3.5	Índice de selectividad.....	56
4.	DISCUSIÓN.....	59
4.1	Consideraciones sobre el análisis microhistológico.....	66
4.2	Aspectos no resueltos y perspectivas.....	68
5.	CONCLUSIONES.....	69
5.1	Consideraciones Finales.....	70
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	72

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Esquema de utilización de los potreros durante el primer (14 de abril - 22 de septiembre de 2010) y segundo (23 de septiembre - 14 de diciembre de 2010) ciclo de pastoreo.....	16
Tabla 2. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) del contenido de materia orgánica (MO), fósforo (P), nitrógeno total (Ntot), pH y proporción de arcilla, limo y arena del suelo entre potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi. ....	26
Tabla 3. Caracterización de los primeros 20 cm del suelo de cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	27
Tabla 4. Resultados del ANOVA para las variables cobertura del estrato arbustivo (%) y área inaccesible al pastoreo (%) en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi. ...	27
Tabla 5. Cobertura de arbustos y área inaccesible al pastoreo por potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	27
Tabla 6. Proporción de vegetación, mantillo y suelo desnudo en cada potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	28
Tabla 7. Proporción relativa (%) y clasificación utilitaria de las especies arbustivas relevadas en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi. ....	29
Tabla 8. Lista florística del estrato herbáceo de cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi. ....	30
Tabla 9. Valores F del ANOVA para las variables densidad y disponibilidad, en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi. ....	31
Tabla 10. Densidad media de arbustos (pl.ha <sup>-1</sup> ) según su clasificación utilitaria en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi. ....	31
Tabla 11. Densidad (pl.m <sup>-2</sup> ) de las principales poáceas forrajeras de invierno y verano presentes en cada potrero del Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	32
Tabla 12. Disponibilidad forrajera (grMS.m <sup>-2</sup> ) al inicio del pastoreo en cada potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	33

Tabla 13. Caracterización fenológica de las principales especies presentes en el sitio de estudio durante el año 2010 en el Campo Anexo INTA Chacharramendi. RE= rebrote, V= vegetativo, FL= floración, FR= fructificación y RP= reposo. ....	35
Tabla 14. Valores F del ANOVA para el efecto de la fecha de muestreo dentro de cada potrero sobre la composición botánica de la dieta.....	40
Tabla 15. Valores F del ANOVA para el efecto de la estación del año, Otoño (O), Invierno (I) y Primavera (P), sobre la composición botánica de la dieta. ....	54
Tabla 16. Valores F del ANOVA para los contrastes de la composición botánica de la dieta entre los ciclos de pastoreo.....	55
Tabla 17. Índice de selectividad de $I_{lev}$ calculados en relación a la disponibilidad en el inicio del pastoreo en cada potrero.....	57
Tabla 18. Índice de selectividad de $I_{lev}$ calculados en relación a la proporción relativa en el campo del estrato herbáceo en el inicio y el final del pastoreo en cada potrero.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de los potreros utilizados para el pastoreo de los novillitos.....	11
Figura 2. Transecta lineal utilizada para estimar la cobertura y área inaccesible del estrato arbustivo y la cobertura, composición florística y densidad del estrato herbáceo. Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	13
Figura 3. Unidad de muestreo utilizada para determinar la cobertura, composición florística y densidad del estrato herbáceo. Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	14
Figura 4. Unidad de muestreo utilizada para estimar la disponibilidad forrajera de poáceas, dicotiledóneas herbáceas y arbustos al inicio del período de pastoreo en cada potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	15
Figura 5. Precipitación mensual (mm) del año 2010 y media mensual histórica (1961-2010) registradas en el Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	25
Figura 6. Temperatura media mensual (°C) correspondiente al período junio a diciembre de 2010 e histórica (1978-1987). Campo Anexo INTA Chacharramendi.....	26
Figura 7. Relación entre el porcentaje de peso seco de cada grupo botánico presente en las mezclas incógnitas y la densidad relativa (%) estimada a partir del análisis microhistológico de las mismas.....	36
Figura 8. Relación entre los porcentajes de peso seco de poáceas de invierno y de verano presentes en las mezclas incógnitas y la densidad relativa (%) estimada a partir del análisis microhistológico de las mismas. a) Poáceas de invierno y b) Poáceas de verano. ...	37
Figura 9. Variación del Error Estándar en la estimación microhistológica de las POI en función del número de campos por preparado (20 ó 40) y del número de preparados por muestra.....	38
Figura 10. Variación del Error Estándar en la estimación de la frecuencia media de cada grupo botánico en función del número de preparados histológicos por muestra observando 20 campos microscópicos por preparado.....	39
Figura 11. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero I. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.....	41

Figura 12. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero I. Campo Anexo INTA Chacharramendi. *Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo. ....	42
Figura 13. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero II. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo. ....	43
Figura 14. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero II. Campo Anexo INTA Chacharramendi. *Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo. ....	44
Figura 15. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero III. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo. ....	44
Figura 16. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero III. Campo Anexo INTA Chacharramendi. *Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo. ....	45
Figura 17. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero IV. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo. ....	46
Figura 18. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero IV. Campo Anexo INTA Chacharramendi. *Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo. ....	47
Figura 19. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero I durante el segundo ciclo de pastoreo: I(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.....	48
Figura 20. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero I durante el segundo ciclo de pastoreo: I(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. *Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.....	49

Figura 21. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero II durante el segundo ciclo de pastoreo: II(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.....	50
Figura 22. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero II durante el segundo ciclo de pastoreo: II(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. *Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.....	51
Figura 23. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero III durante el segundo ciclo de pastoreo: III(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.....	52
Figura 24. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero III durante el segundo ciclo de pastoreo: III(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. *Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.....	53
Figura 25. Composición botánica de la dieta de los novillitos en tres estaciones del año. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre estaciones. ....	54
Figura 26. Comparación de la dieta de los novillitos entre el primer (■; 14/04/10) y el segundo (□; 23/09/10) ciclo de pastoreo. Para cada grupo botánico letras iguales no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). ....	55
Figura 27. Distribución de la composición botánica de la dieta de los novillitos en las 17 fechas de muestreo, en el espacio definido por las dos primeras componentes principales.....	56

## 1. INTRODUCCIÓN

La superficie ocupada por pastizales naturales en el país es de aproximadamente 1.600.000 km<sup>2</sup> (cerca del 60% del territorio continental de Argentina), abarcando gran amplitud de climas, suelos y vegetación (Blanco, 2006). La provincia de La Pampa tiene una superficie de 144.000 km<sup>2</sup> aproximadamente, el 74% de esta superficie está incluida en las Regiones Fitogeográficas del Caldenal y Monte Occidental (Cabrera, 1976), que se halla ocupada por formaciones de pastizales, bosques y monte natural destinadas principalmente a la ganadería vacuna extensiva. En los últimos años, importantes áreas de estas regiones han sido incorporadas a la agricultura (Roberto *et al.*, 2005), lo que ha motivado el desplazamiento de la ganadería hacia zonas marginales ubicadas en el oeste de la provincia de La Pampa, fundamentalmente, en la Región del Monte Occidental (60.000 km<sup>2</sup>).

La principal actividad productiva en la Región del Monte Occidental es la cría de ganado bovino (Adema, 2006). El avance de la frontera agrícola determinó una tendencia hacia la re cría y al aumento de la carga animal, lo que combinado a las condiciones climáticas adversas por las que atravesó esta región han provocado la degradación de los pastizales y, en muchos casos, la mortandad de animales (Roberto *et al.*, 2008). Sin embargo, en algunos establecimientos donde el pastizal prácticamente había desaparecido, el ganado logró sobrevivir, probablemente, debido al ramoneo de arbustos (Adema, 2006).

En numerosos pastizales semiáridos del mundo, la combinación de procesos naturales y antrópicos, ha incrementado la densidad de especies arbustivas reduciendo su receptividad (Archer, 1995). El rolado es un método de control mecánico de monte bajo que mejora la condición de los pastizales degradados, ya que permite el control selectivo de especies arbustivas no deseables, aumenta las áreas accesibles al pastoreo, preserva especies forestales deseables, aumenta la cobertura de broza sobre la superficie del suelo y optimiza el uso del agua por parte de las especies forrajeras (Adema *et al.*, 2004). Adema (2006) determinó una mayor disponibilidad y calidad forrajera, y una mayor ganancia diaria de peso en vacas que pastorearon en un pastizal rolado con respecto a otro no rolado. Pordomingo *et al.* (2004) sugirieron que las vacas habrían consumido arbustos, ya que la calidad de las poáceas en ciertos meses del año no permitía explicar los aumentos de peso observados.

Generalmente, la carga animal se determina teniendo en cuenta sólo el estrato herbáceo, restándole importancia al arbustivo que en períodos de sequía podría constituirse en un importante recurso forrajero. Kirmse (1984) mencionó que en sistemas áridos y semiáridos, más del 90% del forraje disponible en las áreas con monte en la estación seca correspondía a especies arbustivas. Guevara *et al.* (1996) y Sosa Rubio *et al.* (2000) también resaltaron la importancia de los arbustos forrajeros en la dieta del ganado vacuno. Por el contrario, Bóo *et al.* (1993) y Pordomingo y Rucci (2000) encontraron que los vacunos consumían principalmente poáceas perennes invernales en la Región del Caldenal. Si bien la presencia de leñosas en la dieta no fue importante, se



encontraron cantidades apreciables de frutos de caldén (*Prosopis caldenia* Burk.) entre los meses de febrero y abril (Bóo *et al.*, 1993).

En general, la selectividad del animal determina que la dieta obtenida sea de mayor calidad que la estimada en el forraje disponible. Los animales seleccionan algunas especies de la pastura y, normalmente prefieren las hojas a los tallos y el material verde al seco (Chacon y Stobbs, 1976; Hodgson, 1982; Volesky *et al.*, 2007). La participación porcentual de poáceas, dicotiledóneas herbáceas (anuales y perennes) y especies leñosas en la dieta depende del estadio fenológico de la planta y de su abundancia relativa (Reyneri *et al.*, 1994). Así por ejemplo, el consumo de *Agropyron repens* (L.) Beauv. por vacunos estuvo relacionado con un cambio en la palatabilidad, asociado al estadio fenológico de la planta (Reyneri *et al.*, 1994). *Stipa humilis* Cav. tuvo mayor presencia en la dieta de los bovinos por ser el más abundante de la comunidad vegetal (Balmaceda y Digiuni, 1983). Las dicotiledóneas herbáceas fueron más consumidas que las poáceas durante las primeras etapas de su desarrollo fenológico; mientras que, *Symphoricarpos albus* (L.) Blake, el único arbusto identificado en la dieta de los vacunos, fue consumido en relación a su abundancia (Holechek *et al.*, 1982a).

La composición botánica de la dieta de vacunos también varía con la disponibilidad forrajera y la estación del año (Rosiere *et al.*, 1975; Espinoza y Vergel, 1998; Chávez Silva *et al.*, 2000; Vásquez *et al.*, 2012). Kufner y Pelliza Sbriller (1987) observaron que la dieta del ganado bovino incluía en cada estación a las especies más abundantes del pastizal. En general, la proporción

de las herbáceas decrece; mientras que, la proporción de vegetación leñosa aumenta a medida que avanza el período de pastoreo (Rosiere *et al.*, 1975; Taylor *et al.*, 1980; Kirby y Stuth, 1982; Guevara *et al.*, 1997). En la región semiárida de Namibia, Katjiua y Ward (2006) encontraron, que en libre pastoreo y durante la estación cálida y seca, las especies leñosas contribuían significativamente a la dieta de los vacunos. Marquardt *et al.* (2010) observaron que las poáceas disminuyeron desde el 63,5 al 15,9% en la dieta de los vacunos al reducirse la disponibilidad de las mismas y que la selección de especies leñosas se incrementaba a medida que avanzaba el período de pastoreo.

El uso de un sistema de pastoreo rotativo con una carga ajustada a la oferta de forraje disminuye la posibilidad de selección de la dieta por parte de los animales en pastoreo y, a la vez, permite presionar más sobre las especies arbustivas de poco valor forrajero (Adema, 2006). La utilización de descansos muy prolongados no es recomendable debido a la pérdida de calidad del forraje disponible, aunque la variabilidad en la oferta de forraje en rotaciones cortas también es un riesgo, principalmente debido a la marcada variabilidad de las precipitaciones, característica de las regiones áridas y semiáridas (Adema, 2006). Bontti *et al.* (2002), estudiando la composición botánica de la dieta de vacas en un pastoreo rotativo de ocho potreros de monte natural en la región del Monte, sugirieron que este tipo de pastoreo permite una mejor utilización del pastizal, especialmente de las poáceas de alto valor forrajero. Éstas fueron más consumidas a la entrada que a la salida de cada potrero, lo que fue atribuido a diferencias en la disponibilidad de forraje entre el inicio y el final de

cada período de pastoreo en cada potrero. Esto indicaría un comportamiento más selectivo sobre las poáceas de mayor valor forrajero, que disminuiría hacia el final del período de pastoreo cuando disminuye su abundancia. Sin embargo, no evaluaron la contribución en la dieta de otras especies, como las dicotiledóneas herbáceas o arbustivas forrajeras. En un campo natural de México se evaluó el efecto del sistema de pastoreo continuo y rotativo con carga animal moderada y alta, durante la época de sequía sobre la composición botánica de la dieta de vaquillonas. El sistema rotativo con carga moderada fue más apropiado en las áreas con dominancia de poáceas; mientras que, el pastoreo rotativo con alta carga en los sitios donde las dicotiledóneas herbáceas y arbustos eran los principales componentes de la vegetación (Chávez Silva *et al.*, 2000).

Aplicar un sistema de pastoreo rotativo en pastizales del ecotono Caldenal - Monte Occidental de La Pampa mejorados con rolo cortador contribuiría a mantener el efecto logrado por esta labor, ya que permitiría incrementar gradualmente el consumo de arbustos y de dicotiledóneas herbáceas en la dieta de los vacunos a medida que disminuye la disponibilidad y calidad forrajera de las poáceas (Kalmbacher *et al.*, 1984; Giulietti y Jackson, 1986; Evans *et al.*, 2004). Sin embargo, hasta el momento no se ha evaluado la composición botánica en la dieta de vacunos de la categoría recría, bajo un sistema de pastoreo rotativo en dicha zona.

Existen diversos métodos para estudiar la composición botánica de la dieta de herbívoros, como son: la apreciación o seguimiento visual durante el

pastoreo, análisis de la pastura antes y después de ser pastoreada, análisis de contenidos estomacales de animales muertos, análisis microhistológico de muestras de fístulas esofágicas, ruminales o de heces, uso de alcanos y espectroscopia de rayos infrarrojos (Olivas *et al.*, 2014).

La utilización de las características epidérmicas para la identificación de los fragmentos presentes en muestras esofágicas, ruminales o fecales es hoy una de las técnicas más difundidas para la determinación de la dieta de herbívoros (Holechek *et al.*, 1982b). La epidermis de los vegetales presenta patrones característicos que permiten la diferenciación de géneros y especies. Existen tratados fitotaxonómicos (Metcalf y Chalk, 1950; Metcalfe, 1960) basados en estas características. Los fragmentos epidérmicos, ricos en cutina, resisten la masticación y la digestión, por lo que pueden ser identificados microscópicamente en muestras esofágicas, ruminales o de heces.

La técnica microhistológica desarrollada por Sparks y Malechek (1968) permite no sólo la identificación sino también la cuantificación de las especies consumidas por los herbívoros (Holechek *et al.*, 1982b; Holechek y Gross, 1982; Olivas *et al.*, 2014). Las determinaciones más exactas se obtienen cuando dicha técnica se aplica al análisis de muestras provenientes de fístulas esofágicas (Hansen *et al.*, 1977; Vavra *et al.*, 1978; Smith y Shandruk, 1979; Johnson y Pearson, 1981; Kessler *et al.*, 1981; Peña Neira, 1981; Holecheck *et al.*, 1982b; McInnis *et al.*, 1983). Sin embargo, cuando se trabaja con animales peligrosos o en pastizales con arbustos, el análisis de muestras fecales es la opción más usada. El muestreo es económico, simple y puede ser tan grande

como sea la población estudiada (Holechek *et al.*, 1982b). Además, no está limitado por variaciones climáticas o complicaciones en el terreno (Balmaceda y Digiuni, 1983). La principal desventaja del análisis microhistológico de heces es que puede existir una destrucción diferencial de la epidermis de las distintas especies vegetales al pasar por el tracto digestivo de los animales (Holechek *et al.*, 1982b; Lindström *et al.*, 1996). No obstante, comparando los resultados obtenidos a partir del análisis de muestras compuestas manualmente con las de las mismas muestras sometidas a pruebas de digestibilidad se pueden calcular los factores que permitan corregir los desvíos producidos por el efecto de la digestibilidad (Leslie *et al.*, 1983; De León, 1988).

## **1.1 Hipótesis y Objetivos**

En base a los antecedentes citados se plantea como objetivo general de esta tesis determinar la composición botánica de la dieta de novillitos en recría durante la defoliación progresiva de un campo natural rolado del ecotono Caldenal – Monte Occidental de La Pampa. Esto permitirá establecer estrategias de pastoreo tendientes a mejorar la performance de los animales y, a su vez, racionalizar el uso actual y futuro de los pastizales en estas regiones marginales, evitando su degradación.

Las hipótesis a probar y los objetivos particulares son:

### ***Hipótesis 1***

*La composición botánica de la dieta de los vacunos varía con el estadio fenológico y la proporción relativa de especies del estrato herbáceo y de arbustos forrajeros presentes en la comunidad de un pastizal mejorado con rolo cortador en el ecotono Caldenal - Monte Occidental de La Pampa.*

### ***Hipótesis 2***

*En un sistema de pastoreo rotativo la composición botánica de la dieta se modifica a medida que avanza el tiempo de pastoreo en cada potrero.*

Para poner a prueba dichas hipótesis se plantean los siguientes objetivos particulares:

- 1) Determinar la composición florística, densidad y disponibilidad, y caracterizar la fenología de las especies presentes en un pastizal mejorado con rolo cortador del ecotono Caldenal - Monte Occidental.
  
- 2) Evaluar la dinámica de la composición botánica de la dieta de novillitos recriados en un pastizal rolado del ecotono Caldenal - Monte Occidental de La Pampa bajo un sistema de pastoreo rotativo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Sitio de estudio

El estudio se realizó en el Campo Anexo de INTA en Chacharramendi, ubicado en el oeste del Departamento Utracán, La Pampa (37°22' S, 65°46' W). La zona presenta una marcada continentalidad climática con días invernales muy cortos y una heliofanía media diaria de 5 h; mientras que, los días de verano presentan una heliofanía media diaria de 9,5 h. La temperatura media anual es de aproximadamente 15,5 °C (media de julio = 7 °C y media de enero = 24 °C). Las precipitaciones en el área de estudio presentan elevada variabilidad intra e interanual, con valores extremos en el período 1961-2010 de 186 mm (2003) y 916 mm (1992); datos proporcionados por la estación meteorológica del Campo Anexo de INTA, Chacharramendi. La precipitación media histórica de la zona, que abarca el período 1961-2010, fue de 488 mm con un CV de 32,7% y una marcada tendencia primavera - estival. Las lluvias durante dicho período representaron aproximadamente el 75% de la precipitación anual (Roberto *et al.*, 1994). La evapotranspiración potencial para el período 1976-1996 fue de 789 mm y la deficiencia hídrica media anual de 297 mm. Si bien, el régimen de precipitaciones es primavera - estival, la elevada evapotranspiración que se produce entre los meses de octubre y marzo provoca una marcada deficiencia hídrica, ubicando a esta región bajo un régimen hídrico semiárido (Jacyszyn y Pitaluga, 1977).

El material original de los suelos está constituido por sedimentos de origen eólico, con carbonato de calcio pulverulento, cenizas volcánicas y

gravilla. El suelo sobre el cual se realizó este estudio es de textura arenosa franca y fue clasificado como Ustortente típico (Jacyszyn y Pittaluga, 1977). La capacidad de campo de todo el perfil es de 169 mm de agua; mientras que, el punto de marchitez es de 89 mm, por lo que el agua útil o disponible para las plantas es de 80 mm (Adema, 2006).

La fisonomía del paisaje corresponde a un bosque abierto de *Prosopis flexuosa* De Can. con arbustal mixto de *Larrea divaricata* Cav., *Chuquiraga erinacea* Don, *Condalia microphylla* Cav., *Prosopis alpataco* Phil. y *Prosopidastrum globosum* (Hill. ex Hook. et Arn.) Burk. En el pastizal, predominan poáceas forrajeras invernales como *Nassella tenuis* (Phil.) Barkworth (ex *Stipa tenuis* Phil.), *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel y *Poa ligularis* Nees y, en menor proporción, especies estivales como *Digitaria californica* (Benth.) Henr., *Trichloris crinita* (Lag.) Parodi, *Setaria leucopila* (Scribn. & Merr.) K. Schum y *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray (Adema, 2006).

Es importante destacar que en el área de estudio el manejo fue pastoril sobre la base de pastos nativos y no existen antecedentes de labranza a excepción del rolado efectuado en 2008, labor que se caracteriza por la escasa remoción del suelo (Adema *et al.*, 2004).

## **2.2 Diseño del experimento**

El ensayo se realizó en un potrero de 200 ha del Campo Anexo de INTA en Chacharramendi (37°20'48,11" S - 65°47'38,82" W). Entre agosto y septiembre de 2008, se realizó un desbroce selectivo del monte bajo con rolo



cortador (1,5 m de diámetro por 2,5 m de ancho de labor, con 14 hileras de cuchillas intercaladas y un peso aproximado de 7000 kg), manteniendo el estrato arbóreo de *P. flexuosa*. En diciembre del mismo año, el potrero fue pastoreado con animales del rodeo general presentes en el establecimiento y luego se excluyó al pastoreo durante 16 meses para permitir la recuperación del pastizal. De la superficie rodada se seleccionaron 100 ha, las que se dividieron con alambrado eléctrico en 4 potreros de 25 ha cada uno, colocándose una aguada en el centro (Fig. 1).

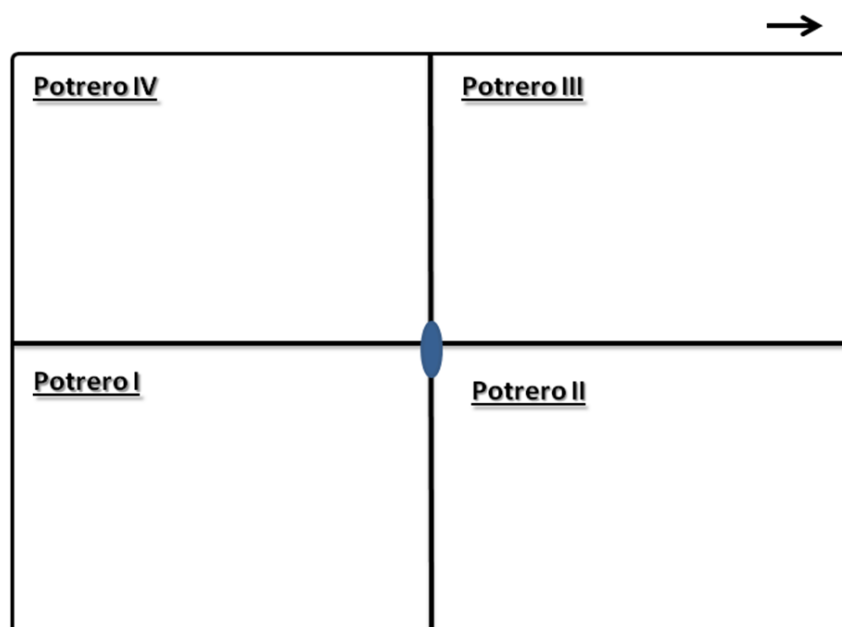


Figura 1. Esquema de los potreros utilizados para el pastoreo de los novillitos. ● Aguada

### 2.3 Caracterización ambiental

Los registros de precipitaciones y temperatura se obtuvieron de una Estación Meteorológica Automática (Davis Vantage Pro) instalada en el Campo Anexo de INTA en Chacharramendi.

## 2.4 Caracterización del suelo

Se analizaron las siguientes variables del suelo: textura (Bouyoucos, 1962), pH en pasta de suelo a saturación, materia orgánica (Walkley y Black, 1934), fósforo asimilable (Bray y Kurtz, 1945) y nitrógeno total por el método Kjeldahl (Bremner, 1996). Las determinaciones se realizaron en una muestra compuesta por 4 submuestras de los primeros 20 cm de profundidad de cada potrero. Se midió la profundidad media de cada potrero, realizando 4 perforaciones con barreno hasta alcanzar la tosca o superar los 1,2 m de profundidad.

## 2.5 Caracterización de la vegetación

La cobertura de las especies arbustivas (ARB) se determinó por el método de Canfield (1941). El área inaccesible al pastoreo se estimó por el método propuesto por Rucci e Iglesias (1990). Para ello, se ubicaron al azar 4 transectas lineales fijas de 30 m de longitud en cada potrero sobre las que se estimó la cobertura ocupada por la biomasa de ARB que impedía el acceso al pastoreo (Fig. 2). La composición florística y densidad del mismo estrato se determinó por el método de la transecta rectangular (Huss *et al.*, 1986), ubicando al azar dos transectas de 300 m<sup>2</sup> (5 m de ancho por 60 m de largo) en cada potrero. Se identificaron y se contaron las especies de ARB presentes sobre cada transecta.

La cobertura, composición florística y densidad del estrato herbáceo se determinó por el método de Daubenmire (Huss *et al.*, 1986), sobre las mismas transectas lineales utilizadas para la estimación de leñosas. La unidad de muestreo fue un marco de hierro cuadrado de 0,5 m de lado, realizándose diez lecturas equidistantes a tres metros (Fig. 3).



Figura 2. Transecta lineal utilizada para estimar la cobertura y área inaccesible del estrato arbustivo y la cobertura, composición florística y densidad del estrato herbáceo. Campo Anexo INTA Chacharramendi.



Figura 3. Unidad de muestreo utilizada para determinar la cobertura, composición florística y densidad del estrato herbáceo. Campo Anexo INTA Chacharramendi.

La disponibilidad forrajera se evaluó al inicio del período de pastoreo en cada potrero. Las poáceas y dicotiledóneas herbáceas (DH) se cortaron al ras del suelo y se despuntaron los rebrotes tiernos de los ARB forrajeros (valoración utilitaria valiosa o intermedia; Cano, 1988). Se tomaron 5 muestras al azar con un marco de hierro de 0,5 m<sup>2</sup> (0,5 x 1 m) en cercanías de cada una de las transectas (Fig. 4). Se analizaron un total de 20 muestras por potrero (5 por sitio). La caracterización fenológica de las poáceas, DH y ARB forrajeros presentes en el sitio de estudio incluyó la identificación de cinco estadíos: **RE**= rebrote, **V**= vegetativo, **FL**= floración, **FR**= fructificación y **RP**= reposo (Cano,

1988). Por último, las especies fueron clasificadas según su valoración utilitaria en valiosas, intermedias y no valiosas (Cano, 1988).



Figura 4. Unidad de muestreo utilizada para estimar la disponibilidad forrajera de poáceas, dicotiledóneas herbáceas y arbustos al inicio del período de pastoreo en cada potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.

## 2.6 Ensayo de pastoreo

El ensayo de pastoreo se realizó con 20 novillitos de 210 kg ( $\pm 20$ ) desde el 14 de abril al 14 de diciembre de 2010 (244 días). Se usó un sistema de pastoreo rotativo flexible de cuatro potreros. Debido a la heterogeneidad del ambiente y a las variaciones climáticas características de la región, los tiempos de uso y descanso se adecuaron a la disponibilidad forrajera inicial de cada potrero. La carga animal se mantuvo fija (5 ha.animal<sup>-1</sup>) durante todo el período. Se realizaron dos ciclos de pastoreo. El primer ciclo se inició en el potrero I, el 14 de abril de 2010 (diferido 16 meses), continuó a través de los

potreros II y III y finalizó en el IV el 22 de septiembre de 2010 (diferido 21 meses; Tabla 1). El segundo ciclo de pastoreo comenzó el 23 de septiembre de 2010 en el potrero I y finalizó el 14 de diciembre de 2010 en el potrero III (Tabla 1).

Tabla 1. Esquema de utilización de los potreros durante el primer (14 de abril - 22 de septiembre de 2010) y segundo (23 de septiembre - 14 de diciembre de 2010) ciclo de pastoreo.

	Primer ciclo de pastoreo											Segundo ciclo de pastoreo					
N° de potrero	I			II			III			IV		I(2)		II(2)		III(2)	
N° de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Fecha de muestreo de heces	26-abr	13-may	31-may	15-jun	28-jun	06-jul	19-jul	10-ago	25-ago	06-sep	22-sep	06-oct	19-oct	03-nov	16-nov	24-nov	14-dic
Estación	Otoño						Invierno					Primavera					

## 2.7 Composición botánica de la dieta

### 2.7.1 Bases para la identificación histológica

Para la identificación de los fragmentos epidérmicos de las especies consumidas se utilizaron las colecciones de referencia de patrones epidérmicos del laboratorio de Morfología Vegetal - Departamento de Agronomía - UNS (Lindström, 1994; Lindström *et al.*, 1998a; Lindström *et al.*, 1998b) y del laboratorio de Ecología Vegetal - Facultad de Agronomía - UNLPam. Ambas colecciones incluyen los patrones epidérmicos de la mayoría de las especies del área. Paralelamente se realizó una colección de referencia propia de las principales especies forrajeras relevadas en el sitio de estudio.

Para la observación de los fragmentos se utilizó un microscopio Primo Star (Carl Zeiss) con un aumento de 100X (objetivo de 10X). En caso de ser necesario, la observación se realizaba con un aumento de 400X (objetivo de 40X.)

### **2.7.2 Entrenamiento y evaluación de la precisión de la técnica microhistológica**

Cualitativo: mientras se iba aprendiendo a reconocer los tejidos epidérmicos de las distintas especies se efectuaban pruebas de identificación cualitativa. Para ello, se tomaban al azar preparados con la etiqueta cubierta de las especies ya estudiadas y se los observaba al microscopio hasta lograr su correcta identificación.

Cuantitativo: la cuantificación consiste en el recuento de todos los fragmentos epidérmicos identificables de cada especie en cada campo observado. Estos datos son utilizados para determinar la densidad de cada especie, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = (n/N) \times 100$$

donde **n** es el número de fragmentos identificados de cada especie y **N** es el número total de fragmentos identificados.

Para ahorrar tiempo, se ha desarrollado una técnica de conversión de frecuencia a densidad. Se registra el número de veces que una especie individual está presente en el total de campos observados en cada preparado.

El valor de frecuencia obtenido para cada especie es convertido a densidad usando la tabla de Fracker y Brischle (1944), que se basa en la siguiente fórmula:

$$F = 1 - e^{-d}$$

donde **F** es la frecuencia, **e** es la base de los logaritmos naturales y **d** es la densidad media o sea que:

$$d = -\ln (1 - F) \quad (1)$$

Basándose en esto, Sparks y Malechek (1968) demostraron que existe una alta correlación (1:1) entre el porcentaje de peso seco estimado (densidad relativa por ciento determinada a partir de la frecuencia) y el porcentaje real de peso seco presente en una mezcla incógnita o de prueba.

Para evaluar el grado de entrenamiento alcanzado en la identificación de las especies en estudio y, al mismo tiempo, la precisión de la técnica microhistológica empleada, se procedió al análisis cuali y cuantitativo de 13 mezclas incógnitas o de prueba. Las mismas estaban constituidas por proporciones conocidas (pesadas en balanza analítica) de material molido de las especies en estudio. Se efectuaron 5 preparados por mezcla y se observaron 40 campos por preparado. Una vez examinados todos los preparados correspondientes a una mezcla incógnita, se obtuvo la frecuencia para cada especie respecto al número total de campos observados. Luego, la frecuencia de cada especie, se convirtió a densidad utilizando la fórmula (1).



Las densidades (%) de cada una de las especies identificadas en la mezcla no debían diferir ( $p < 0,05$ ) de los porcentajes de materia seca de las especies presentes en la mezcla incógnita (Sparks y Malechek, 1968).

### **2.7.3 Análisis microhistológico de muestras fecales**

La composición botánica de la dieta se estimó a partir del análisis microhistológico de heces (Hansen *et al.*, 1977; Holechek *et al.*, 1982b). Las muestras de heces fueron recolectadas directamente del recto de cada novillito a los 10, 22 y 45 días, aproximadamente, desde el ingreso de los animales a cada potrero. Cuando la duración del pastoreo fue inferior a 45 días sólo se recolectaron muestras a los 10 días de iniciado el pastoreo y al final del mismo. Las muestras fecales se secaron en estufa a 60 °C durante tres a siete días, dependiendo del contenido de agua de las heces extraídas. Las muestras secas se molieron con molino eléctrico (Willey) provisto de un tamiz de 1 mm, para homogeneizar el tamaño de las partículas.

### **2.7.4 Número de preparados por muestra y número de campos por preparado**

Del total de muestras fecales recolectadas en el primer muestreo se tomó una al azar y se hicieron 10 preparados histológicos, identificándose los fragmentos epidérmicos presentes en 40 campos microscópicos en cada uno

de ellos. Esta información se utilizó para determinar el número de preparados histológicos por muestra (**m**) y el número de campos microscópicos por preparado (**n**) que era necesario analizar para que cada grupo botánico fuera estimado con un error estándar  $\leq$  a 0,05.

### **2.7.5 Análisis de dieta**

Se analizaron 10 muestras individuales por fecha con 5 preparados histológicos por muestra y la cuantificación se realizó según lo descrito por Sparks y Malechek (1968), observándose 20 campos microscópicos por preparado. Los fragmentos vegetales fueron identificados y cuantificados de acuerdo a los siguientes grupos botánicos: poáceas de invierno (POI), poáceas de verano (POV), DH y ARB. Además, se procedió a la identificación y cuantificación a nivel de especie de las poáceas y los ARB en los preparados 2 y 3 de cada muestra.

### **2.8 Índice de selectividad**

Para cada grupo botánico se estableció el Índice de selectividad de Ivlev modificado por Stuth (1991), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Selectividad} = \frac{\% \text{ dieta} - \% \text{ densidad o disponibilidad}}{\% \text{ dieta} + \% \text{ densidad o disponibilidad}} \times 10$$

Un índice mayor de 3,5 indica que el grupo botánico es preferido, valores entre -3,5 y 3,5 indican que se consume en proporción a su densidad o disponibilidad y valores menores de -3,5 se denominan de consumo forzado, es decir, su proporción en la dieta es menor que la esperada en base a su proporción en el pastizal. Los valores cercanos o iguales a -10 indican rechazo (Stuth, 1991).

## **2.9 Análisis estadístico**

El diseño utilizado para evaluar las variables del pastizal (cobertura, área inaccesible, densidad y disponibilidad) fue completamente aleatorizado con 4 réplicas (transectas), utilizando para el análisis la información integrada de cada transecta. Para evaluar la densidad media según la clasificación utilitaria de las especies arbustivas (valiosas, intermedias y no valiosas) dentro de cada potrero se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 2 réplicas (franjas de 300 m<sup>2</sup>). Las medias de cada una de las variables se compararon mediante la prueba LSD de Fisher (Di Rienzo *et al.*, 2011).

La precisión en la identificación microhistológica se evaluó mediante análisis de regresión lineal entre el porcentaje de peso seco de cada especie o grupo botánico presente en la mezcla incógnita y sus correspondientes densidades relativas (%) determinadas a partir del análisis microhistológico de dichas mezclas.

Para determinar el número de preparados histológicos por muestra (**m**) y el número de campos microscópicos por preparado (**n**) se estimó la frecuencia de presencia promedio ( $\bar{X}$ ) de fragmentos epidérmicos de los cuatro grupos botánicos analizados en 10 preparados de una muestra fecal y 40 campos por preparado. Se evaluó la importancia de los componentes de varianza involucrados en esta etapa del procedimiento para optimizar el error estándar de futuros muestreos. El error estándar (**ES**) de la frecuencia de ocurrencia de cada grupo botánico en una muestra se calculó descomponiendo la varianza (**S<sup>2</sup>**) en dos partes. Una variación debida a los campos dentro de cada preparado (**S<sup>2</sup><sub>camp</sub>**; Fórmula 2), que se puede calcular por ser una variable binomial ( $\bar{X}$  de cada grupo botánico en los 40 campos) y otra variación debida solamente a los preparados (**S<sup>2</sup><sub>prep</sub>**), que se obtuvo por diferencia (Fórmula 3).

$$S_{\text{camp}}^2 = \frac{\bar{X} \cdot (1 - \bar{X})}{n} \quad (2)$$

$$S_{\text{prep}}^2 = S^2 - S_{\text{camp}}^2 \quad (3)$$

Entonces, la ecuación del **ES** es la siguiente:

$$ES(\bar{X}) = \sqrt{\frac{\bar{X} \cdot (1 - \bar{X})}{n \cdot m} + \frac{S_{\text{prep}}^2}{m}} \quad (4)$$

donde  $\bar{X}$  es la frecuencia promedio de presencia de fragmentos epidérmicos en los 40 campos,  $S^2_{\text{prep.}}$  es la varianza debida a los preparados,  $n$  es número de campos por preparado y  $m$  es el número de preparados por muestra.

Las variables  $\bar{X}$  y la  $S^2_{\text{prep.}}$  de la fórmula (4) se reemplazaron por los valores obtenidos para cada grupo botánico (basados en 400 observaciones y 9 grados de libertad, respectivamente). Se probaron distintas estrategias de muestreo, variando los valores de " $n$ " y " $m$ ".

Para el análisis de la composición botánica de la dieta se realizó, en primer lugar, un análisis de varianza (ANOVA) general por grupo botánico para las diferentes fechas (17) y terneros (10), con un diseño en bloques donde los terneros actuaron como tal. Luego se plantearon diferentes comparaciones de medias a través de contrastes o de a pares (prueba LSD de Fisher), según los objetivos perseguidos "a priori". Para todos estos análisis se utilizó el CMerror y los grados de libertad obtenidos en el ANOVA general.

Esquema de comparaciones para cada grupo botánico:

- Comparaciones de medias dentro de cada potrero por fecha.
- Contrastes entre las estaciones del año.
- Contraste entre ciclos de pastoreo.

Comparaciones para el análisis específico:

- Comparaciones de medias entre el inicio y el final del pastoreo en cada potrero.

Para integrar toda esta información se utilizaron técnicas de análisis multivariado. Se aplicó un análisis de componentes principales a partir de la matriz de correlación entre los grupos botánicos y se agruparon las fechas mediante un “clúster” jerárquico, usando distancia euclidiana de los datos estandarizados y ligamiento promedio (average linkage) (Digby y Kempton, 1987). El corte para formar los grupos se realizó a la mitad de la distancia máxima alcanzada (McInnis *et al.*, 1990).

Para todos los casos se usó el paquete informático del software Info Stat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Variables ambientales

Las lluvias registradas durante el período enero a marzo y septiembre a noviembre de 2010 fueron iguales o superiores a la media mensual histórica (Fig. 5). Las precipitaciones fueron inferiores a la media mensual histórica durante la mayor parte del otoño y del invierno (Fig. 5).

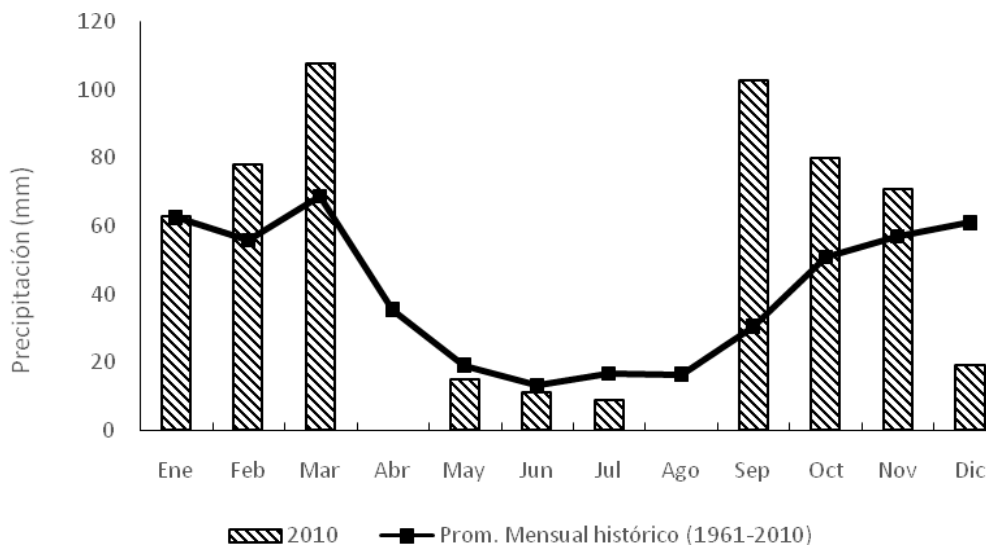


Figura 5. Precipitación mensual (mm) del año 2010 y media mensual histórica (1961-2010) registradas en el Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Las temperaturas medias mensuales no se registraron desde enero a mayo de 2010 debido a fallas en los sensores de la estación meteorológica automática (Fig. 6). Las temperaturas medias mensuales fueron similares a las medias históricas (1978-1987) en los restantes meses de dicho año (Fig. 6).

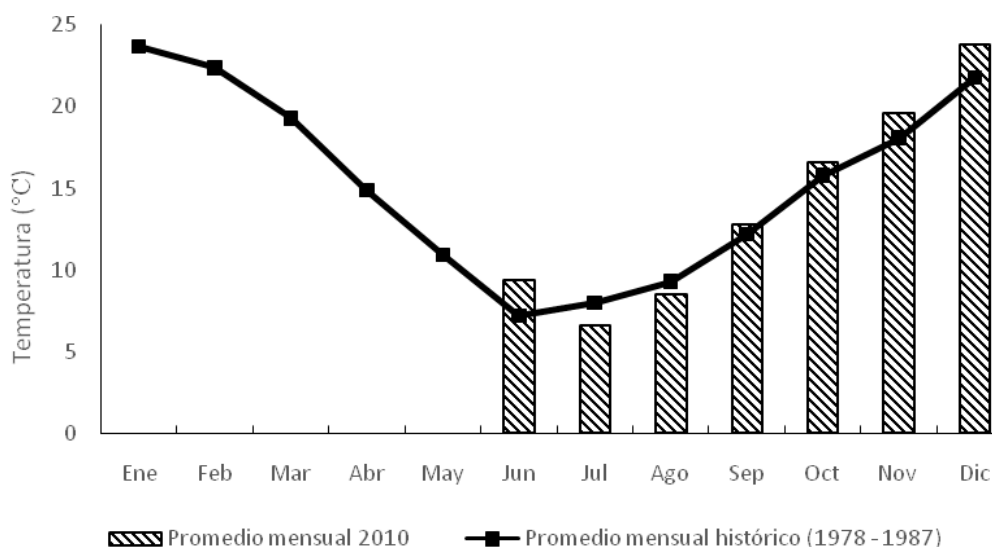


Figura 6. Temperatura media mensual (°C) correspondiente al período junio a diciembre de 2010 e histórica (1978-1987). Campo Anexo INTA Chacharramendi.

### 3.2 Caracterización del suelo

El suelo del área de estudio presentó poco desarrollo, distinguiéndose sólo 3 horizontes (AC, C y Ck). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de materia orgánica, fósforo, nitrógeno total y pH del suelo entre potreros (Tabla 2). La textura resultó arenosa franca (Tabla 3). El contenido de materia orgánica (<1%) y arcillas (2 a 4%) fue escaso y el pH ligeramente alcalino en superficie (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) del contenido de materia orgánica (MO), fósforo (P), nitrógeno total (Ntot), pH y proporción de arcilla, limo y arena del suelo entre potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

	Arcilla	Limo	Arena	MO	P	Ntot.	pH
<b>Potrero</b>	2,07ns	5,39*	4,58*	1,32ns	2,03ns	1,71ns	2,73ns

Nivel de significancia: ≤1% (\*\*), ≤5% (\*) y >5% (ns).



Tabla 3. Caracterización de los primeros 20 cm del suelo de cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Potrero	Prof. Suelo	Arcilla	Limo (%)	Arena	Textura	MO	MO	P	Ntot.	pH
	(m)					(%)	(%)	(t.ha <sup>-1</sup> )	(ppm)	
I	> 1,2	4 a	20 b	76 a	Arenosa franca	0,7	16,8	26,0	0,08	7,5
II	> 1,2	2 a	15 a	83 b		0,4	10,0	17,0	0,06	7,6
III	> 1,2	3 a	19 ab	78 ab		0,4	9,5	11,8	0,07	7,9
IV	0,9	4 a	22 b	74 a		0,5	12,7	13,9	0,06	7,9

En cada columna, medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente ( $p > 0,05$ ).

### 3.3 Caracterización de la vegetación

#### 3.3.1 Cobertura y área inaccesible

La cobertura del estrato ARB se correlacionó significativamente ( $r=0,88^{**}$ ) con el área inaccesible al pastoreo y no difirió significativamente entre potreros (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Resultados del ANOVA para las variables cobertura del estrato arbustivo (%) y área inaccesible al pastoreo (%) en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Potrero	Cobertura	Área inaccesible
		2,01ns

Nivel de significancia:  $\leq 1\%$  (\*\*),  $\leq 5\%$  (\*) y  $> 5\%$  (ns).

Tabla 5. Cobertura de arbustos y área inaccesible al pastoreo por potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Potrero	Cobertura	Área inaccesible
	%	%
I	26,4 $\pm$ 2,3	12,2 $\pm$ 2,8
II	11,0 $\pm$ 3,7	6,7 $\pm$ 2,6
III	18,7 $\pm$ 2,4	7,3 $\pm$ 1,2
IV	18,0 $\pm$ 7,3	9,0 $\pm$ 5,8

(Media  $\pm$  Error estándar)

La cobertura de suelo desnudo sumada a la de mantillo (88,7%) fue mayor que la de vegetación en todos los potreros (Tabla 6).

Tabla 6. Proporción de vegetación, mantillo y suelo desnudo en cada potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Potrero	Vegetación	Mantillo	Suelo
	%	%	%
I	27,0 c	33,3 a	47,5 a
II	9,9 a	45,3 ab	50,0 a
III	19,3 b	30,4 a	53,1 a
IV	6,2 a	56,0 b	39,1 a
<b>ES</b>	<b>2,05</b>	<b>5,55</b>	<b>5,64</b>

En cada columna, medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). ES: error estándar.

### 3.3.2 Proporción relativa y clasificación utilitaria

La proporción relativa de las especies de ARB varió entre potreros (Tabla 7). Así por ejemplo, la proporción relativa de *Bredemeyera microphylla* (Griseb.) Hieron. var. *microphylla*, una forrajera valiosa, fue aproximadamente un 90% menor en el potrero II con respecto a lo observado en los potreros I y IV, y no fue detectada en el III. Más del 50% de las especies del estrato ARB de cada potrero resultaron no valiosas para el consumo del ganado (Tabla 7).

Tabla 7. Proporción relativa (%) y clasificación utilitaria de las especies arbustivas relevadas en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Especies	Clasificación Utilitaria	Proporción (%) por potrero			
		I	II	III	IV
<i>Bredemeyera microphylla</i> Hieron	Valiosa	21,9	1,9	0,0	18,9
<i>Ephedra triandra</i> Tul. emend. J.H. Hunz.	Valiosa	0,3	1,3	0,0	11,4
<i>Lycium chilense</i> Miers	Valiosa	10,9	15,0	13,0	5,6
<i>Verbena aspera</i> Gill. et Hook	Valiosa	0,5	3,0	1,8	0,8
		<b>33,6</b>	<b>21,1</b>	<b>14,8</b>	<b>36,7</b>
<i>Aloysia gratissima</i> Troncoso	Intermedia	0,0	6,5	0,0	0,0
<i>Capparis atamisquea</i> Kuntze	Intermedia	0,0	0,0	0,0	0,3
<i>Brachyclados lycioides</i> D. Don	Intermedia	1,4	2,3	1,8	1,1
<i>Ephedra ochreatea</i> Miers	Intermedia	0,2	0,2	2,2	1,4
<i>Lycium tenuispinosum</i> Miers	Intermedia	0,0	0,2	0,0	0,0
<i>Prosopis alpataco</i> Phil.	Intermedia	3,1	1,1	1,1	1,4
<i>Prosopis flexuosa</i> De Can.	Intermedia	1,4	2,3	4,7	4,7
		<b>6,0</b>	<b>12,7</b>	<b>9,7</b>	<b>8,9</b>
<i>Acantholippia seriphioides</i> Moldenke	No Valiosa	26,2	20,5	19,5	14,2
<i>Chuquiraga erinacea</i> Don	No Valiosa	19,7	20,9	28,9	16,1
<i>Condalia microphylla</i>	No Valiosa	1,9	9,1	3,6	2,8
<i>Geoffroea decorticans</i> Bur.	No Valiosa	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Larrea divaricata</i> Cav.	No Valiosa	0,9	1,5	2,9	2,8
<i>Lycium gilliesianum</i> Miers	No Valiosa	3,2	8,0	1,8	1,1
<i>Prosopidastrum globosum</i> Burk.	No Valiosa	1,2	3,2	4,3	8,9
<i>Senna aphilla</i> Cav.	No Valiosa	1,5	0,8	0,0	0,3
<i>Verbena seriphioides</i> Gill. et Hook	No Valiosa	5,8	2,3	14,4	8,3
		<b>60,4</b>	<b>66,2</b>	<b>75,5</b>	<b>54,4</b>

La composición florística de las especies relevadas en el estrato herbáceo se presenta en la Tabla 8. *Piptochaetium napostaense*, *N. tenuis* y *Poa lanuginosa* estuvieron presentes en los cuatro potreros. Las POV valiosas se presentaron solo en uno o dos de los potreros, excepto *S. leucopila* que fue identificada en tres de ellos.

Tabla 8. Lista florística del estrato herbáceo de cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Grupo botánico	Especies	Clasificación Utilitaria	Presencia por potrero			
			I	II	III	IV
	<i>Piptochaetium napostaense</i> Hack.	Valiosa	x	x	x	x
	<i>Poa lanuginosa</i> Nees	Valiosa	x	x	x	x
Poáceas de invierno	<i>Poa ligularis</i> Nees	valiosa	x	x		
	<i>Nassella tenuis</i> Bark.	Valiosa	x	x	x	x
	<i>Jarava ichu</i> Phil.	No Valiosa				x
	<i>Nassella tenuissima</i> Trinius	No valiosa	x	x		
	<i>Cottea pappophoroides</i> Kunth	Valiosa				x
	<i>Digitaria californica</i> Hern.	Valiosa		x		x
	<i>Eragrostis lugens</i> Nees	Valiosa		x	x	
Poáceas de verano	<i>Erodium cicutarium</i> L'Herit.	Valiosa				x
	<i>Setaria leucopila</i> K. Schum	valiosa		x	x	x
	<i>Sporobolus cryptandrus</i> A. Gray	Valiosa		x		
	<i>Trichloris crinita</i> Parodi	Valiosa	x	x		
	<i>Aristida subulata</i> Henrard	No valiosa		x		x
	<i>Chenopodium album</i> L.	Intermedia	x	x	x	x
Dicotiledóneas herbáceas	<i>Salsola kali</i> L. f. hirsuta	Intermedia	x	x	x	x
	<i>Sphaeralcea</i> sp.	Intermedia	x	x	x	x
	<i>Baccharis ulicina</i> Hook	No valiosa		x		

### 3.3.3 Densidad y disponibilidad

Si bien la densidad de las poáceas no varió entre potreros, si lo hizo su disponibilidad (Tabla 9). Ambos parámetros difirieron en el grupo de las DH y resultaron similares en el estrato ARB entre potreros (Tabla 9).

Tabla 9. Valores F del ANOVA para las variables densidad y disponibilidad, en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

	Poáceas de Invierno	Poáceas de Verano	Dicotiledóneas Herbáceas	Arbustos
<b>Densidad *</b>	2,38ns	0,75ns	7,76**	3,80ns
<b>Disponibilidad (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>	11,84**	3,15*	2,92*	1,38ns

Nivel de significancia:  $\leq 1\%$  (\*\*),  $\leq 5\%$  (\*) y  $> 5\%$  (ns). \*La densidad del estrato herbáceo se expresó en (pl.m<sup>-2</sup>) y la de arbustos en (pl.ha<sup>-1</sup>).

Debido a la variabilidad observada en la densidad de ARB valiosos, intermedios y no valiosos dentro de las dos unidades de muestro ubicadas en cada potrero, no se detectaron diferencias significativas (Tabla 9) entre potreros y tampoco dentro de los potreros I y II entre estas tres categorías (Tabla 10).

Tabla 10. Densidad media de arbustos (pl.ha<sup>-1</sup>) según su clasificación utilitaria en cuatro potreros del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Potrero	Densidad (pl.ha <sup>-1</sup> )			ES
	Valiosas	Intermedias	No valiosas	
I	3300 a	584 a	5917 a	1687
II	1667 a	1000 a	5234 a	1214
III	684 a	450 a	3484 b	348
IV	2200 b	533 a	3267 b	358

En cada fila, medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). ES: error estándar.

Las POI representaron más del 70% de las poáceas forrajeras presentes en cada potrero, siendo *N. tenuis* y *P. napostaense* las más abundantes (Tabla 11). Las POV con mayor densidad fueron *S. leucopila* y *T. crinita* (Tabla 11).

Tabla 11. Densidad (pl.m<sup>-2</sup>) de las principales poáceas forrajeras de invierno y verano presentes en cada potrero del Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Especies	Densidad (pl.m <sup>-2</sup> )			
	I	II	III	IV
<i>Nassella tenuis</i>	2,5	0,8	2,7	2,5
<i>Piptochaetium napostaense</i>	1,0	1,0	4,5*	1,0
<i>Poa ligularis</i>	0,0	0,0	0,5*	0,9*
<i>Aristida subulata</i>	0,2	0,0	0,2	0,0
<i>Trichloris crinita</i>	0,0	0,0	0,3	0,6
<i>Digitaria californica</i>	0,2	0,0	0,2	0,0
<i>Sporobolus cryptandrus</i>	0,0	0,0	0,2*	0,0
<i>Setaria leucopila</i>	0,7	0,4	0,2	0,0

Para cada especie \* indica diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre potreros.

En todos los potreros, las poáceas representaron más del 82% del forraje disponible. Dentro de este grupo, las POI representaron entre el 52 y 99% de la disponibilidad, excepto en el potrero I, en donde las POV representaron el 70 y 48% durante el primer y segundo ciclo de pastoreo, respectivamente (Tabla 12). La mayor disponibilidad total de forraje se registró en el potrero III durante el segundo ciclo de pastoreo, debido al marcado incremento de POI. Las DH representaron menos del 3% del forraje disponible en todos los potreros, excepto en el I (15%) y durante el segundo ciclo de pastoreo en el potrero II (12%). La disponibilidad estimada de los ARB forrajeros fue poco relevante (Tabla 12).

Tabla 12. Disponibilidad forrajera (grMS.m<sup>-2</sup>) al inicio del pastoreo en cada potrero. Campo Anexo INTA Chacharramendi.

Potrero	Poáceas de Invierno	Poáceas de Verano	Dicotiledóneas Herbáceas	Arbustos	Total
I	7,00 a	16,00 c	4,30 b	0,90 ab	<b>28,20 a</b>
II	9,15 a	4,00 ab	0,00 a	0,10 a	<b>13,25 a</b>
III	17,35 a	4,25 ab	0,00a	1,60 b	<b>23,20 a</b>
IV	9,30 a	2,00 ab	0,10 a	0,50 ab	<b>11,90 a</b>
I(2)	5,20 a	4,85 ab	0,31 a	0,10 a	<b>10,46 a</b>
II(2)	15,27 a	0,10 a	2,08 ab	0,06 a	<b>17,51 a</b>
III(2)	82,72 b	9,86 bc	2,65 ab	0,00 a	<b>95,23 b</b>
<b>ES</b>	<b>8,03</b>	<b>3,03</b>	<b>0,99</b>	<b>0,51</b>	<b>7,14</b>

En cada columna, medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). ES: error estándar.

### 3.3.4 Caracterización fenológica

**Poáceas de invierno.** Se caracterizaron cuatro especies perennes: *N. tenuis*, *P. napostaense*, *P. ligularis* y *S. speciosa*. Las mismas iniciaron su crecimiento (rebrote) a principios de otoño. Permaneciendo en estado vegetativo hasta iniciada la primavera. La fenofase de floración y fructificación (octubre y noviembre) se inició unos días antes en *P. ligularis* y *S. speciosa* que en *N. tenuis* y *P. napostaense* (Tabla 13).

**Poáceas de verano.** Se estudiaron cinco especies perennes de ciclo primavero estival: *A. subulata*, *T. crinita*, *D. californica*, *S. cryptandrus* y *S. leucopila*. Al comienzo del ensayo, la mayoría de estas especies se encontraban en la fenofase reproductiva pero con algo de material verde entre su follaje, permaneciendo todas en reposo hasta mediados de la primavera.

*Sporobolus cryptandrus* y *D. californica* comenzaron el rebrote a fines de octubre y las demás en noviembre (Tabla 13).

**Dicotiledóneas herbáceas.** Las especies analizadas *S. kali* y *C. album* (anuales), y especies del género *Sphaeralcea* (perennes) son de crecimiento primavero estival (Tabla 13). Las plántulas de las especies anuales de este grupo iniciaron su ciclo de crecimiento a principios de primavera y lo concluyeron a finales de otoño (entre marzo y mayo); mientras que, las especies perennes del género *Sphaeralcea* iniciaron su rebrote en octubre. (Tabla 13).

**Arbustos.** Se analizó la fenología de *A. gratissima*, *C. atamisquea*, *B. lycioides*, *B. microphylla*, *L. chilense*, *P. globosum*, *A. seriphioides*, *E. triandra* y *E. ochreatea*. Estas especies perennifolias pueden perder sus hojas con temperaturas extremas y escasa humedad edáfica, lo que ocurrió con *L. chilense* durante el invierno de 2010. Todas las especies presentaron rebrotes al inicio de la primavera, alcanzando la etapa reproductiva en noviembre (Tabla 13).



Tabla 13. Caracterización fenológica de las principales especies presentes en el sitio de estudio durante el año 2010 en el Campo Anexo INTA Chacharramendi. RE= rebrote, V= vegetativo, FL= floración, FR= fructificación y RP= reposo.

Grupo botánico	Ciclo de vida	Especie	Estación Potrero	Estación						
				OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA		
				I	II	III	IV	I(2)	II(2)	III(2)
Clasificación Utilitaria	18-mar	31-may	06-jul	25-ago	22-sep	22-oct	16-nov			
Poáceas de invierno	Perenne	<i>N. tenuis</i>	Valiosa	RE	RE	V	V	V	V	FL
		<i>P. napostaense</i>	Valiosa	RE	V	V	V	V	FL	FL
		<i>P. ligularis</i>	Valiosa	RE	V	V	V	V	FL	FR
		<i>S. speciosa</i>	Intermedia	RE	RE	V	V	V	FL/FR	FL/FR
Poáceas de verano	Perenne	<i>A. subulata</i>	No valiosa	FL/FR	RP	RP	RP	RP	RP	RE
		<i>T. crinita</i>	Valiosa	FL/FR	RP	RP	RP	RP	RP	RE
		<i>D. californica</i>	Valiosa	FL/FR	RP	RP	RP	RP	RE	RE
		<i>S. cryptandrus</i>	Valiosa	FL/FR	RP	RP	RP	RP	RE	RE
		<i>S. leucopila</i>	Valiosa	FL/FR	RP	RP	RP	RP	RP	RE
Dicotiledóneas herbáceas	Anual	<i>S. kali</i>	Intermedia	FL/FR			plántulas		crecimiento	
		<i>C. album</i>	Intermedia	FL/FR			plántulas		crecimiento	
	Perenne	<i>Sphaeralcea sp.</i>	Intermedia	FL/FR	RP	RP	RP	RP	RE	RE
Arbustos	Perenne	<i>A. gratissima</i>	Intermedia	V	V	V	V	FL/FR	FL/FR	FL/FR
		<i>C. atamisquea</i>	Intermedia	FR	V	V	V	FL	FL	FL
		<i>B. lycioides</i>	Intermedia	FL/FR	V	V	V	RE	RE	FL/FR
		<i>B. microphilla</i>	Valiosa	FR	V	V	V	FL	FL	FL
		<i>E. triandra</i>	Valiosa	V	V	V	V	FL	FL	FL
		<i>E. ochreatea</i>	Intermedia	V	V	V	V	FL	FL	FL
		<i>L. chilense</i>	Valiosa	V	V	V	V	RE	RE	FL
		<i>P. globosum</i>	No valiosa	FR	FR	V	V	RE	RE	FL
<i>A. seriphioides</i>	No valiosa	V	V	V	V	RE	RE	FL/FR		

### 3.4 Composición botánica de la dieta

#### 3.4.1 Evaluación de la precisión de la técnica microhistológica

El análisis de las mezclas incógnitas permitió verificar que los elementos epidérmicos, tenidos en cuenta para identificar los grupos botánicos analizados, constituyeron caracteres taxonómicos válidos para efectuar una correcta identificación y que el grado de entrenamiento alcanzado permitió la precisa cuantificación de los mismos (Fig. 7).

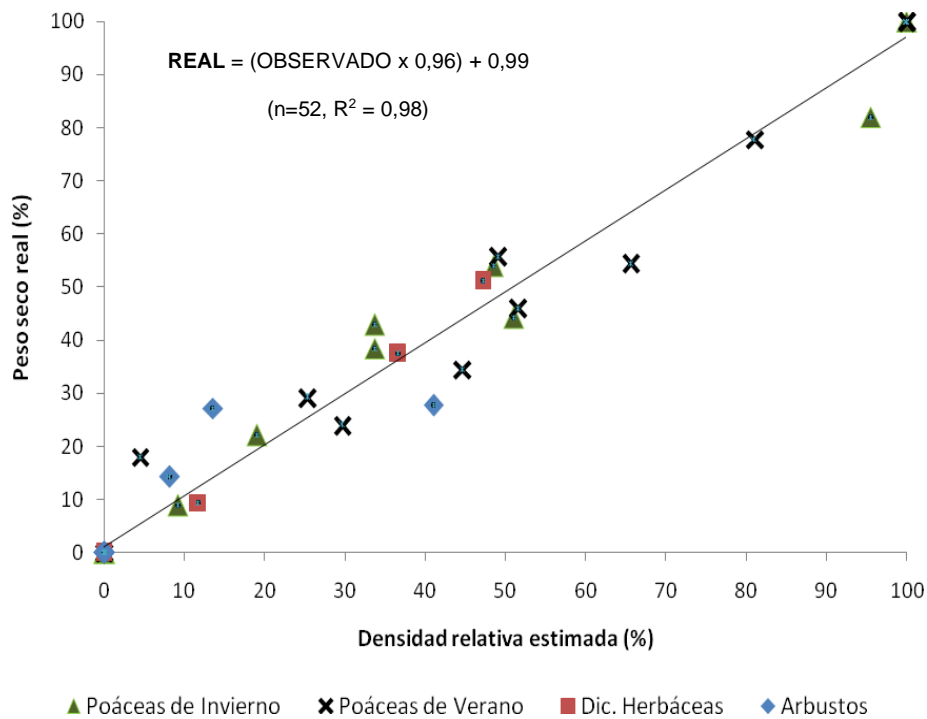


Figura 7. Relación entre el porcentaje de peso seco de cada grupo botánico presente en las mezclas incógnitas y la densidad relativa (%) estimada a partir del análisis microhistológico de las mismas.

Sólo se determinaron las ecuaciones de regresión lineal para las POI y POV, ya que éstas habían sido incluidas en la elaboración de la mayoría de las mezclas incógnitas (Fig. 8a y b); mientras que las DH y los ARB sólo lo fueron

en tres de las mismas. Las ecuaciones de regresión determinadas por el modelo fueron las siguientes:

$$\text{POI} = (\text{OBSERVADO} \times 0,88) + 6,24 \quad (R^2 = 0,96)$$

$$\text{POV} = (\text{OBSERVADO} \times 0,94) + 2,5 \quad (R^2 = 0,96)$$

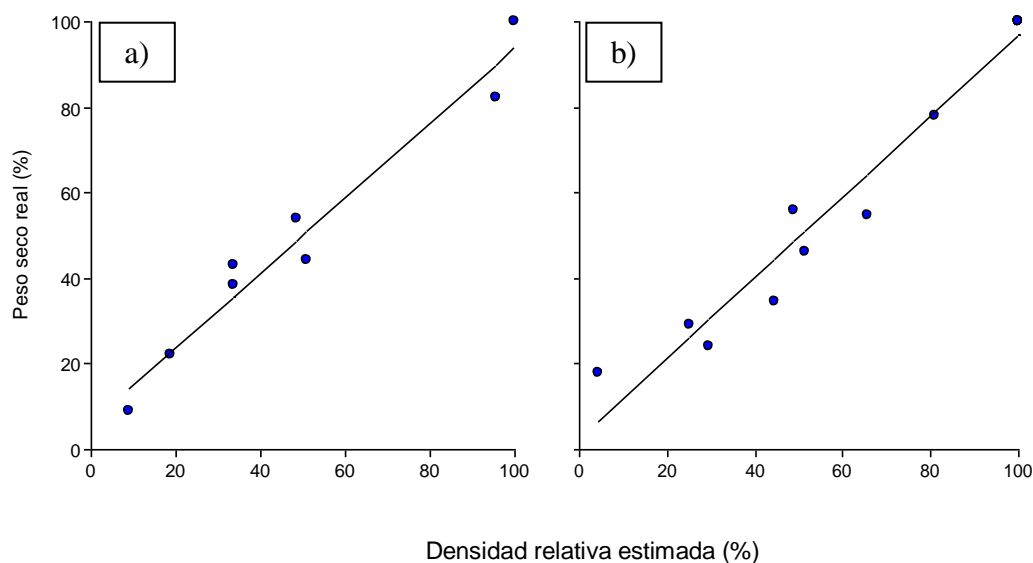


Figura 8. Relación entre los porcentajes de peso seco de poáceas de invierno y de verano presentes en las mezclas incógnitas y la densidad relativa (%) estimada a partir del análisis microhistológico de las mismas. a) Poáceas de invierno y b) Poáceas de verano.

### 3.4.2 Determinación del número de preparados por muestra y del número de campos por preparado

El error estándar (**ES**) de la estimación de los cuatro grupos botánicos disminuyó al aumentar el número de preparados confeccionados por muestra (**m**), pero no varió al incrementar de 20 a 40 los campos microscópicos observados por preparado (Fig. 9).

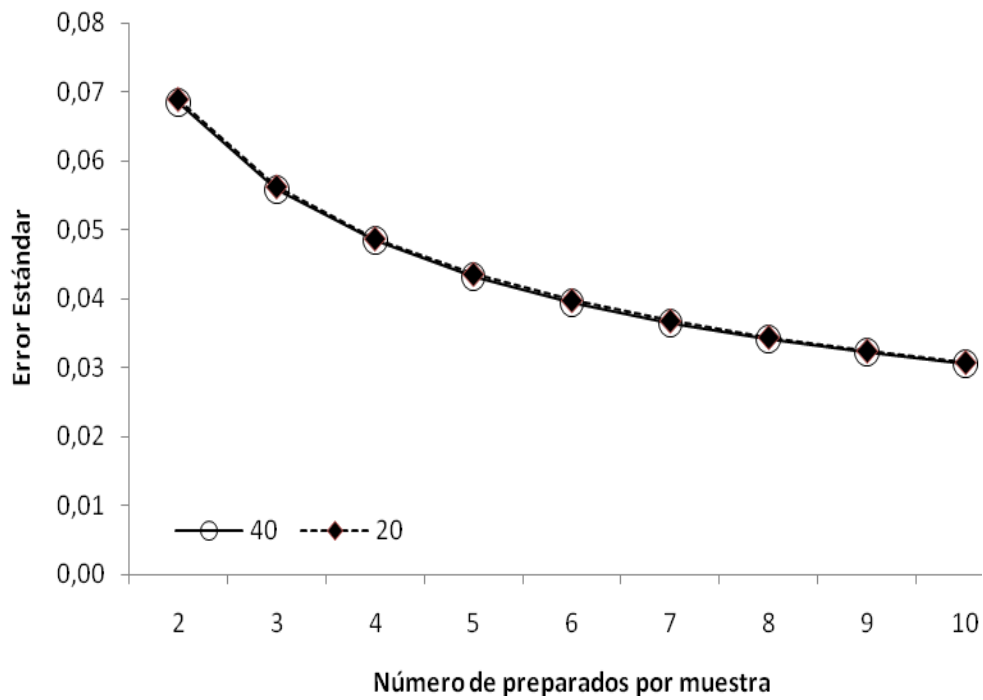


Figura 9. Variación del Error Estándar en la estimación microhistológica de las POI en función del número de campos por preparado (20 ó 40) y del número de preparados por muestra.

Considerando el tiempo que insume el análisis microhistológico se decidió analizar 20 campos microscópicos por preparado y 5 preparados por muestra, ya que con dicha intensidad de muestreo el **ES** en la estimación de los cuatro grupos botánicos fue menor a 0,05 (Fig. 10).

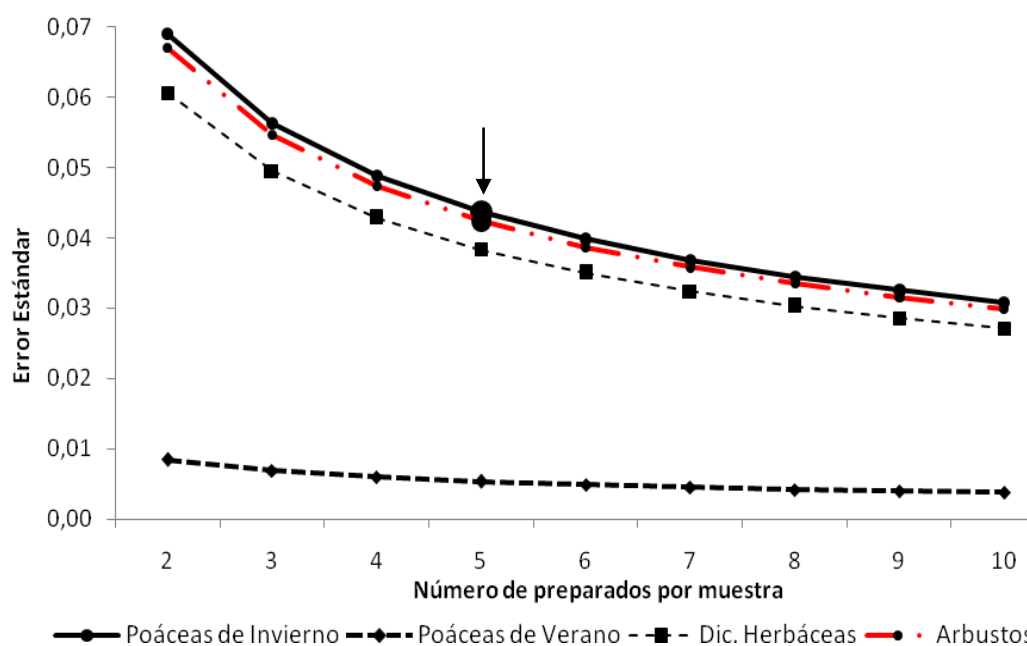


Figura 10. Variación del Error Estándar en la estimación de la frecuencia media de cada grupo botánico en función del número de preparados histológicos por muestra observando 20 campos microscópicos por preparado.

### 3.4.3 Análisis microhistológico de muestras fecales

#### 3.4.3.1 Análisis de la dieta por potrero

La composición botánica de la dieta varió entre fechas de muestreo en cada potrero (Tabla 14).

Tabla 14. Valores F del ANOVA para el efecto de la fecha de muestreo dentro de cada potrero sobre la composición botánica de la dieta.

		Poáceas de Invierno	Poáceas de Verano	Dicotiledóneas Herbáceas	Arbustos
	<b>Potrero I</b>	56,70**	68,82**	116,65**	9,59**
	<b>Potrero II</b>	5,98**	6,39**	14,76**	17,78**
	<b>Potrero III</b>	50,82**	21,26**	0,45ns	29,31**
<b>Composición botánica de la dieta</b>	<b>Potrero IV</b>	112,14**	108,60**	3,61ns	7,16**
	<b>Potrero I(2)</b>	44,94**	6,66*	5,04*	27,62**
	<b>Potrero II(2)</b>	21,26**	0,01ns	16,56**	16,22**
	<b>Potrero III(2)</b>	25,37**	90,11**	11,82**	1,29ns

Nivel de significancia:  $\leq 1\%$  (\*\*),  $\leq 5\%$  (\*) y  $> 5\%$  (ns)

En el potrero I, las poáceas representaron entre el 59 y 70% de la dieta durante todo el período de pastoreo. Las POI y los ARB aumentaron y las POV y las DH disminuyeron su proporción a medida que avanzó el tiempo de pastoreo (Fig. 11).

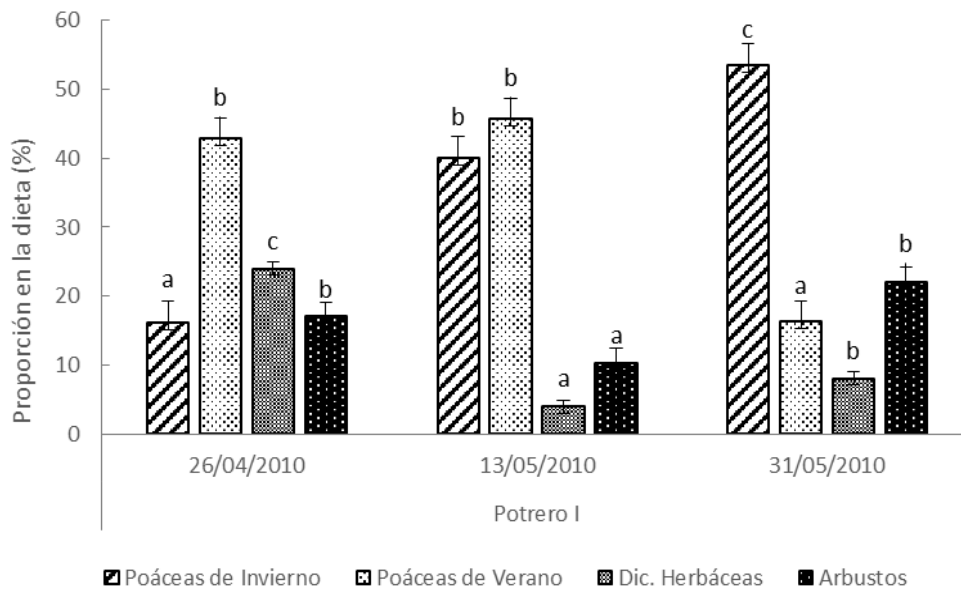


Figura 11. Composición botánica de la dieta de los novillos en el potrero I. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

La POV más consumida en el inicio del pastoreo de este potrero fue *T. crinita*, representando un 25,8% del total de las especies encontradas en la dieta en esa fecha. Sin embargo, al final del período de pastoreo su aporte a la composición de la dieta fue despreciable (Fig. 12). Por el contrario, el consumo de *N. tenuis*, la POI más importante en la dieta, se incrementó desde 10,4 a 45,4% entre el inicio y el final del pastoreo en el potrero I (Fig. 12). *Bredemeyera microphylla* fue el ARB más consumido, sin hallarse diferencias entre el inicio y el final del período de pastoreo de este potrero (Fig. 12).

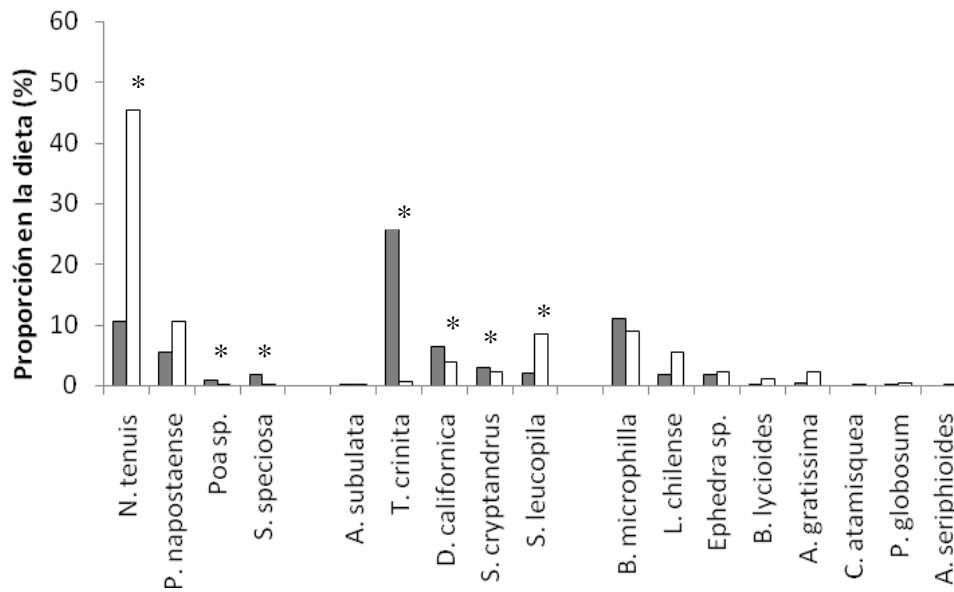


Figura 12. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero I. Campo Anexo INTA Chacharramendi. \*Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.

En el potrero II las poáceas representaron entre el 56 y 62% de la dieta (Fig. 13). La proporción en la dieta de las POI se mantuvo constante a través de todo el período de pastoreo (Fig. 13). La proporción de ARB aumentó de 28 a 41% entre el inicio y el final del período pastoreo (Fig. 13). Las POV y las DH mostraron una tendencia opuesta (Fig. 13).



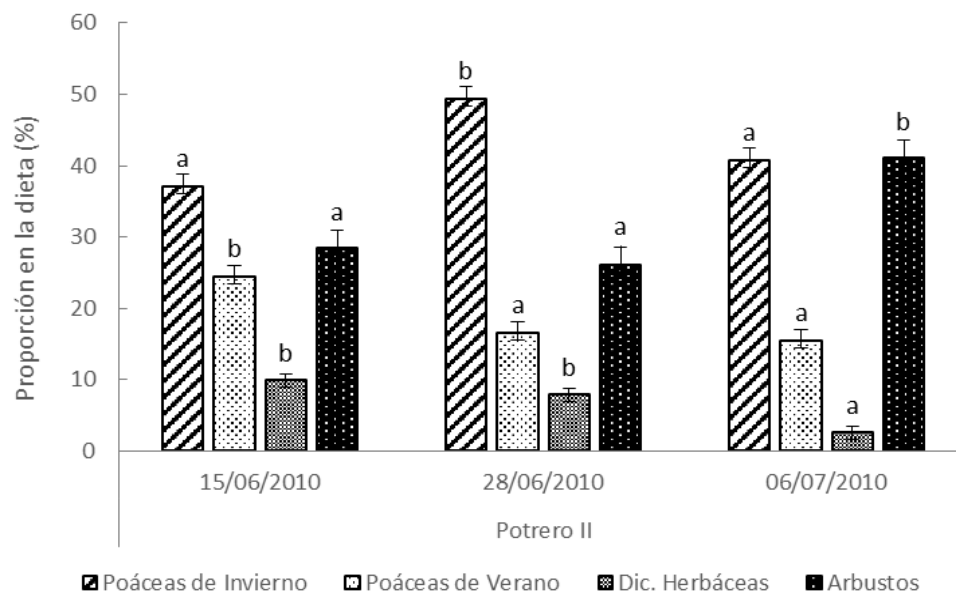


Figura 13. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero II. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

*Nassella tenuis* fue la POI más abundante en la dieta también en el potrero II, aunque *P. napostaense* adquirió importancia hacia el final del pastoreo (Fig. 14). Las POV más consumidas en este potrero fueron *D. californica* y *T. crinita* (Fig. 14). *Bredemeyera microphylla* fue el ARB identificado en mayor proporción en la dieta, adquiriendo relevancia *L. chilense*, *Ephedra sp.* y *B. lycioides* hacia el final del pastoreo (Fig. 14).

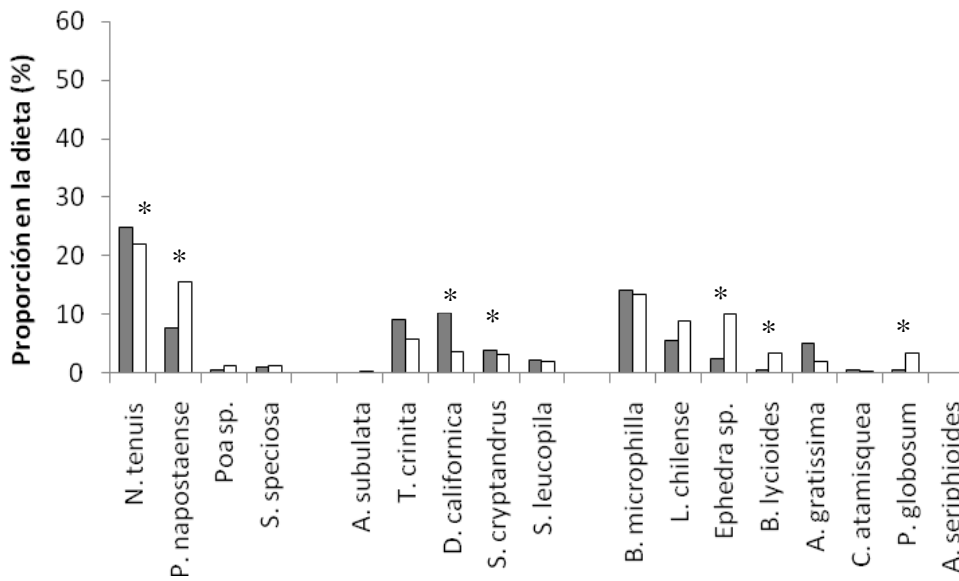


Figura 14. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero II. Campo Anexo INTA Chacharramendi. \*Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.

En el potrero III y IV, la proporción de POI disminuyó del 80 al 50%, mientras que la de POV y ARB aumentó en la dieta de los novillitos a medida que avanzaba el tiempo de utilización de ambos potreros (Fig. 15 y 17).

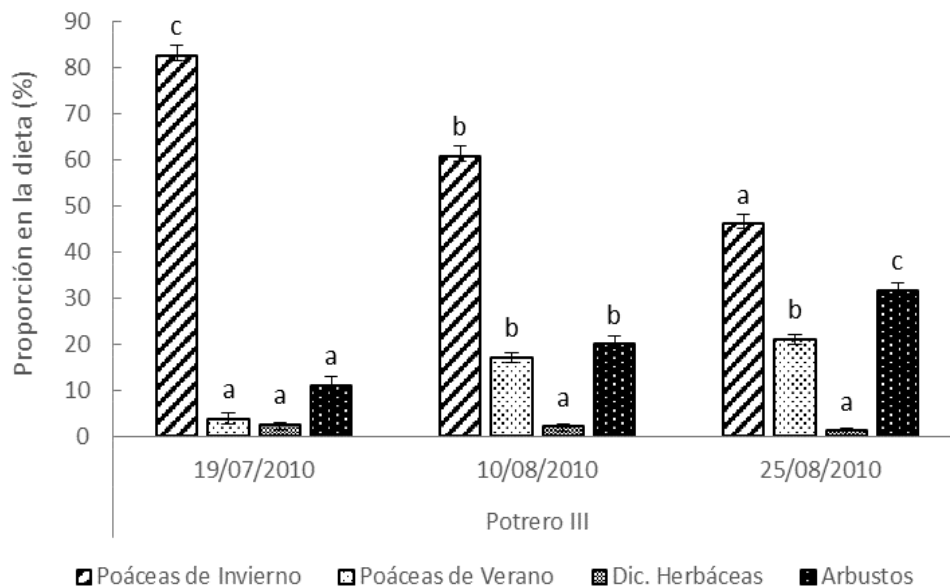


Figura 15. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero III. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

*Nassella tenuis* y *P. napostaense* fueron las POI más importantes en la dieta de los novillitos en los potreros III y IV durante todo el período de pastoreo (Fig. 16 y 18). En el potrero III, las especies más consumidas al final del pastoreo fueron *D. californica*, *B. microphylla* y *L. chilense* (Fig. 16).

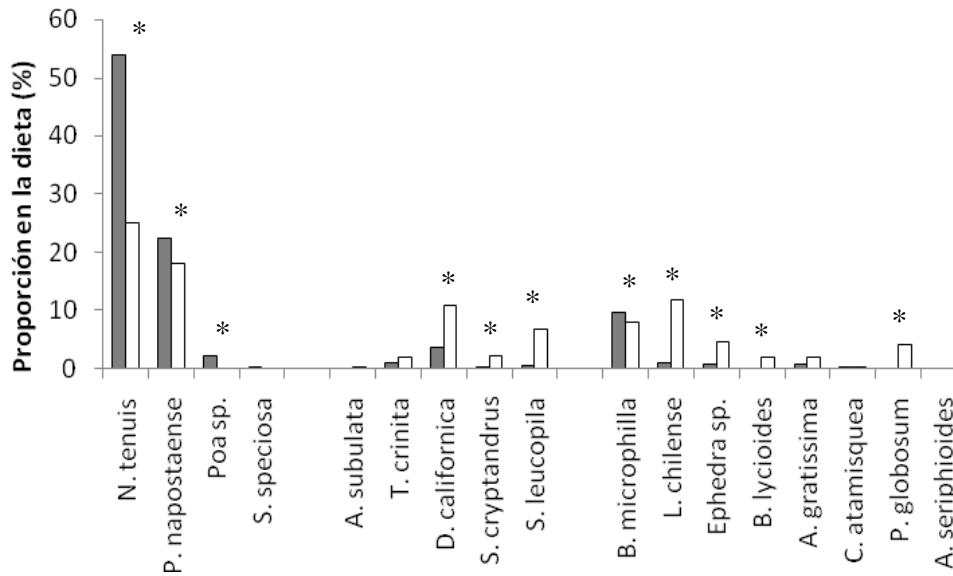


Figura 16. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero III. Campo Anexo INTA Chacharramendi. \*Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.

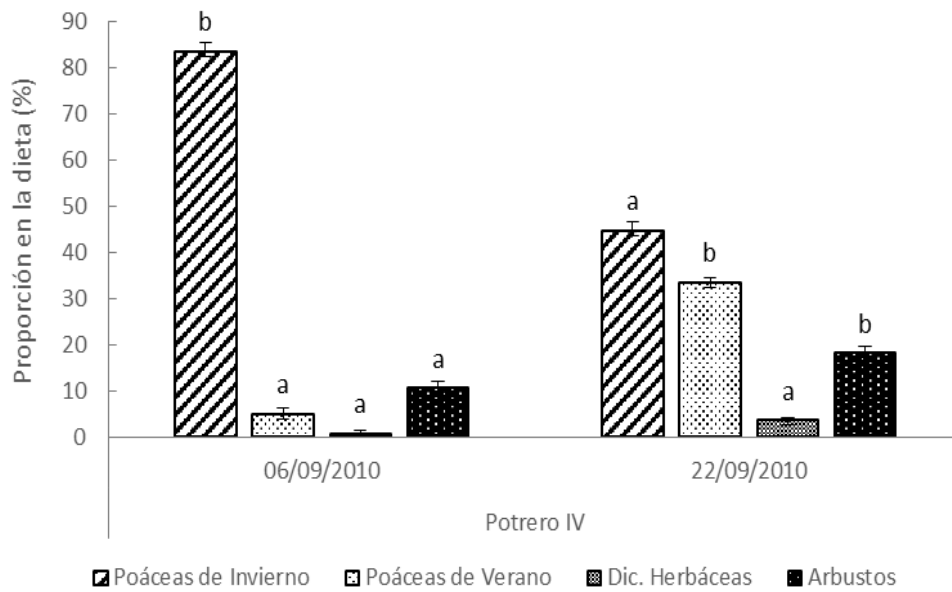


Figura 17. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero **IV**. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

En el potrero **IV**, las POV más importantes fueron *T. crinita*, *D. californica* y *S. leucopila*, representando el 29% del total de las especies en la dieta al final del pastoreo (Fig. 18). En cuanto a los ARB, *Ephedra sp.* fue más importante al inicio del pastoreo y *L. chilense* lo fue al final (Fig. 18).

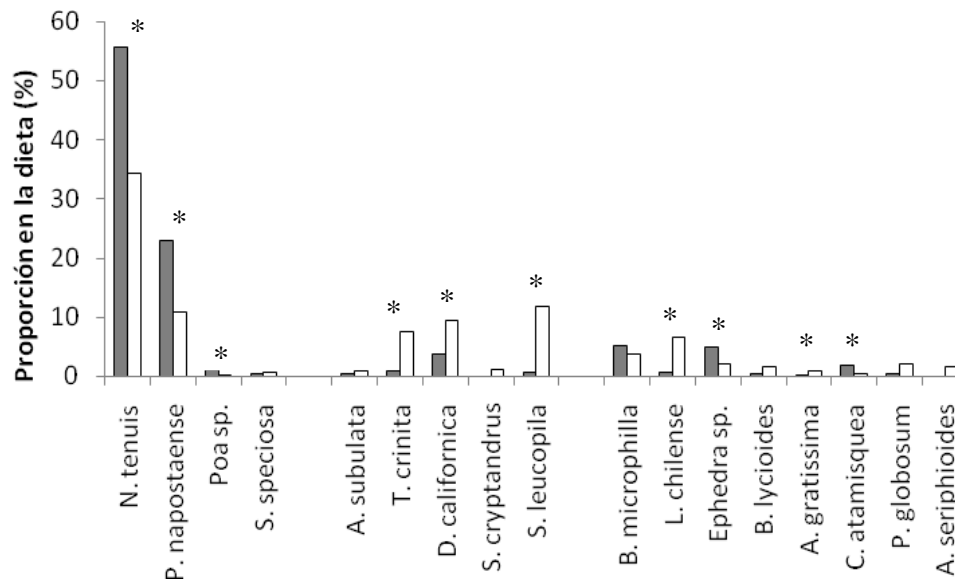


Figura 18. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero IV. Campo Anexo INTA Chacharramendi. \*Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.

En el potrero **I(2)**, las poáceas disminuyeron desde 76 a 59% su proporción en la dieta de los novillitos desde el inicio del pastoreo (Fig. 19). Los ARB presentaron una tendencia opuesta (18 a 33%), representando con las POI el 84 y 74% de la dieta al inicio y al final del pastoreo, respectivamente (Fig. 19).

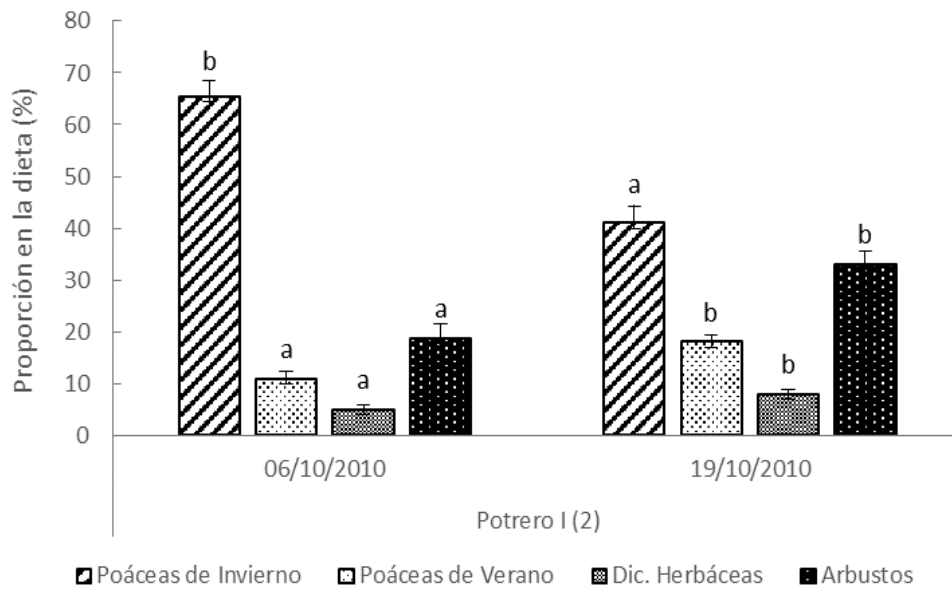


Figura 19. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero I durante el segundo ciclo de pastoreo: **I(2)**. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

*Nassella tenuis* fue la especie más consumida durante el pastoreo del potrero **I(2)** (Fig. 20). Las POV más importantes en la dieta fueron *S. leucopila* y *T. crinita* al inicio y al final del período de pastoreo, respectivamente (Fig. 20). Los ARB detectados en mayor proporción fueron *B. microphylla*, *A. seriphioides* y *L. chilense* (Fig. 20).

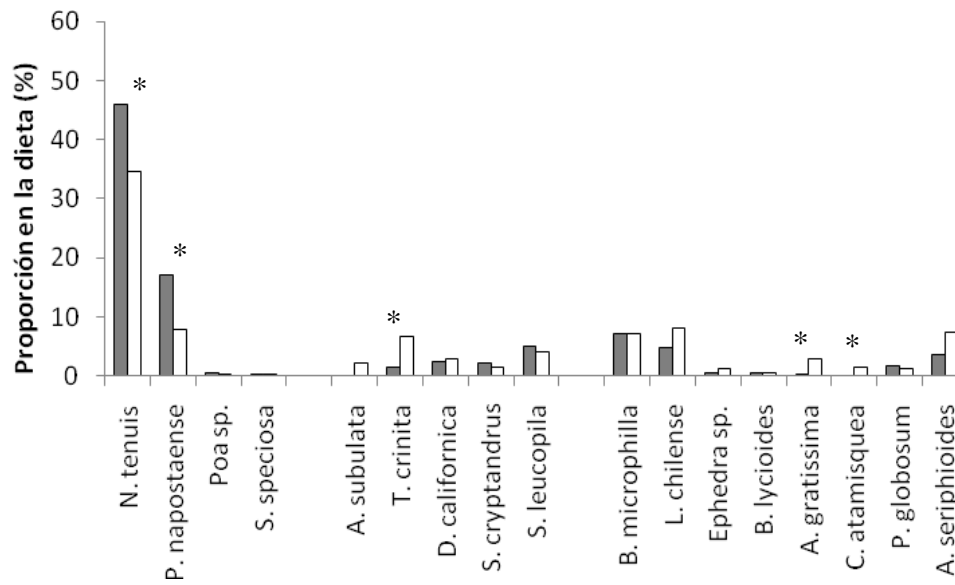


Figura 20. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero I durante el segundo ciclo de pastoreo: I(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. \*Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.

La variación en la dieta de los novillitos durante el período de pastoreo del potrero II(2) fue similar a la del potrero I(2) (Fig. 21). La proporción de poáceas disminuyó desde 81 a 65%; mientras que, la de ARB se incrementó de 13 a 24%.

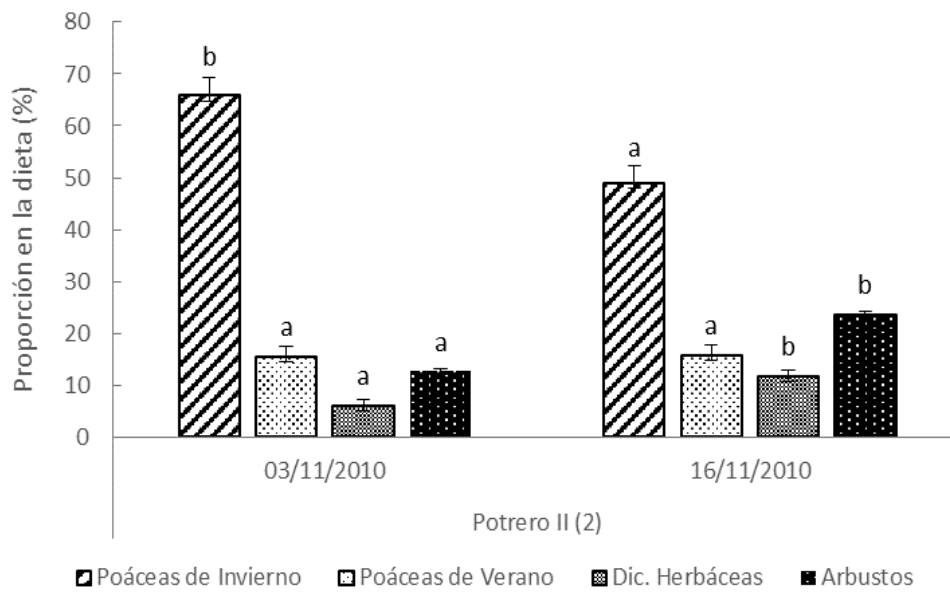


Figura 21. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero II durante el segundo ciclo de pastoreo: II(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

En el potrero II(2), *D. californica* y *S. leucopila* fueron las POV más importantes, no modificándose su proporción en la dieta durante el período de pastoreo (Fig. 22). Las POI y ARB identificadas en mayor proporción en la dieta de los novillitos, fueron las mismas que se encontraron en el potrero I(2) (Fig. 22).



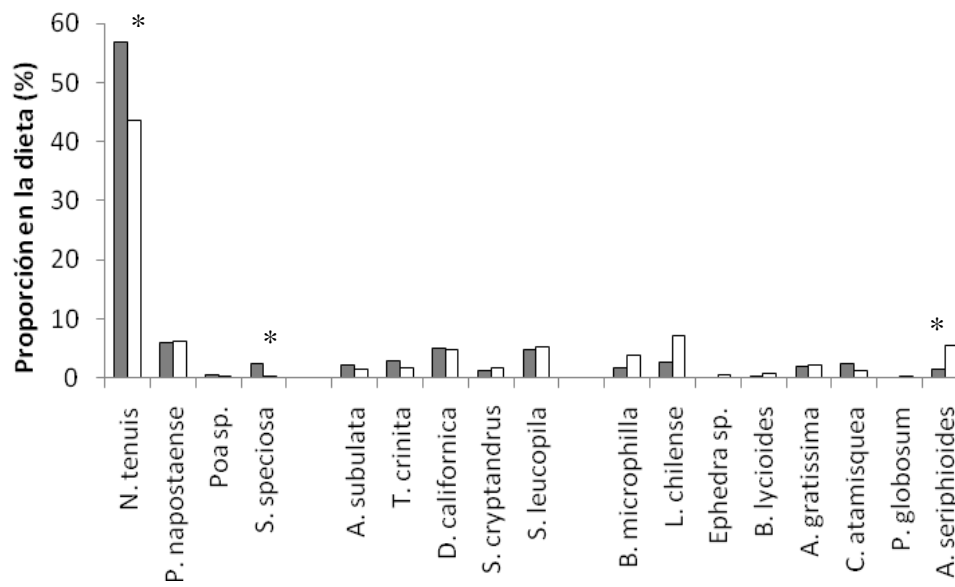


Figura 22. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero II durante el segundo ciclo de pastoreo: II(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. \*Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.

Las poáceas aumentaron su proporción del 74 al 81% en la dieta de los novillitos durante el período de pastoreo del potrero III(2). Esto estuvo asociado a una reducción en la proporción de las POI y un aumento de las POV entre el inicio y final del pastoreo de dicho potrero (Fig. 23).

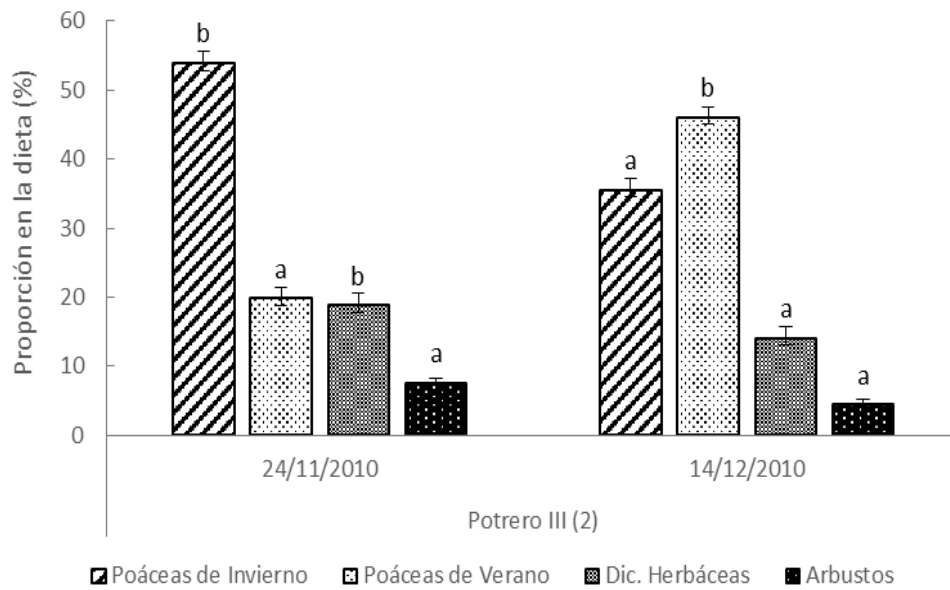


Figura 23. Composición botánica de la dieta de los novillitos en el potrero III durante el segundo ciclo de pastoreo: III(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre fechas de muestreo.

La POI con mayor presencia en la dieta fue *N. tenuis* cuyo consumo se redujo significativamente al final del pastoreo en el potrero III(2). Las POV *T. crinita*, *S. cryptandrus*, *D. californica* y *S. leucopila* mostraron una tendencia opuesta, representando el 40,6% de la dieta al final del período de pastoreo (Fig. 24).

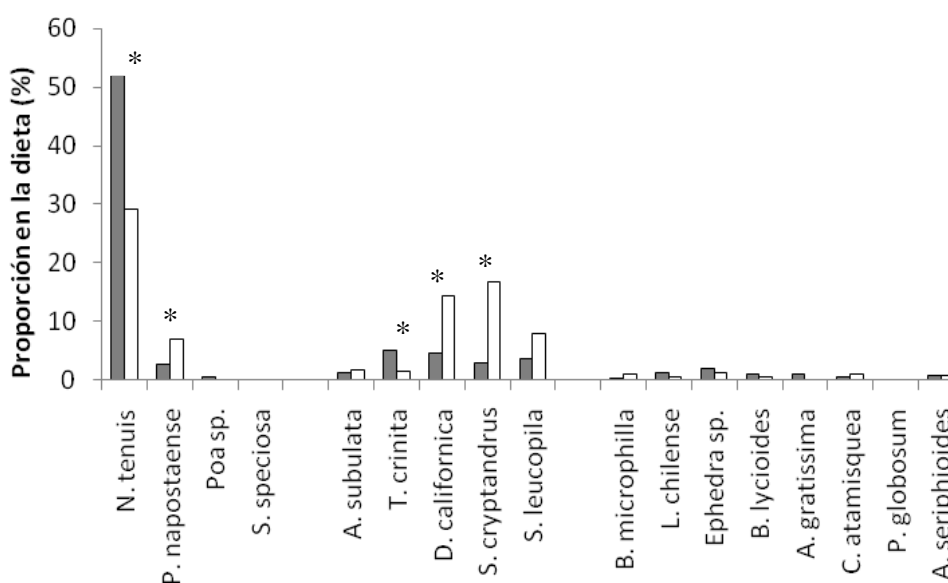


Figura 24. Especies identificadas en la dieta de los novillitos al inicio (■) y al final (□) del pastoreo del potrero III durante el segundo ciclo de pastoreo: III(2). Campo Anexo INTA Chacharramendi. \*Indica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el inicio y final del pastoreo.

### 3.4.3.2 Análisis de la dieta según la estación del año

La composición botánica de la dieta difirió entre las tres estaciones del año analizadas (Tabla 15). Las POI fueron las más consumidas por los novillitos, variando su proporción entre las tres estaciones del año (Fig. 25). El porcentaje de POV y ARB identificado en la dieta fue significativamente mayor en otoño (27 y 24%, respectivamente) respecto al invierno y primavera (Fig. 25). La proporción de las DH fue mayor en la dieta en el otoño y la primavera (entre 9 y 10%, respectivamente), siendo poco significativo su aporte en el invierno (Fig. 25).

Tabla 15. Valores F del ANOVA para el efecto de la estación del año, Otoño (O), Invierno (I) y Primavera (P), sobre la composición botánica de la dieta.

		Poáceas de Invierno	Poáceas de Verano	Dicotiledóneas Herbáceas	Arbustos
<b>Composición botánica de la dieta</b>	<b>Estación O-I</b>	238,46**	85,55**	156,17**	25,05**
	<b>Estación O-P</b>	68,03**	27,46**	4,18*	46,42**
	<b>Estación I-P</b>	57,43**	18,09**	208,66**	2,22ns

Nivel de significancia:  $\leq 1\%$  (\*\*),  $\leq 5\%$  (\*) y  $> 5\%$  (ns).

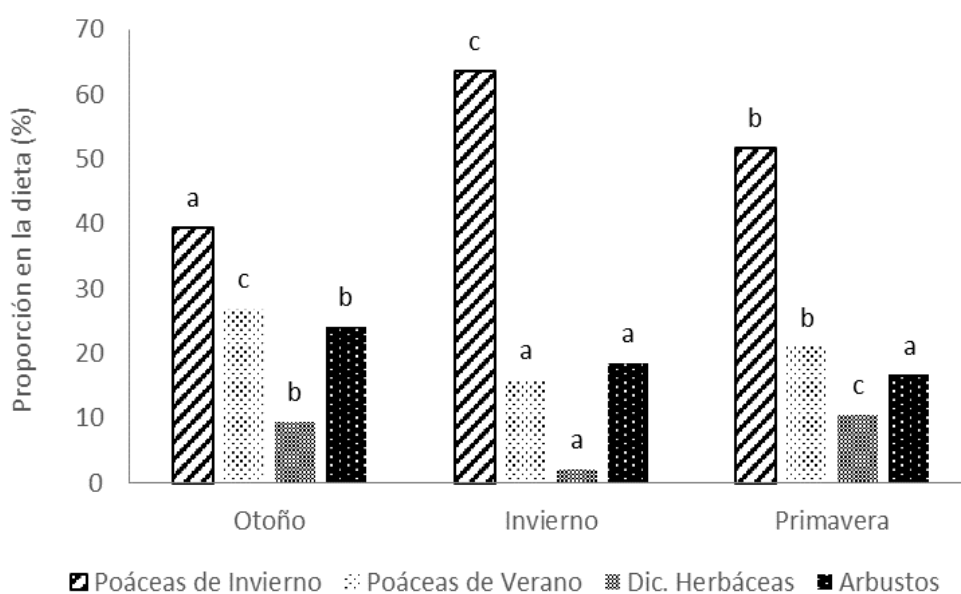


Figura 25. Composición botánica de la dieta de los novillitos en tres estaciones del año. Campo Anexo INTA Chacharramendi. Para cada grupo botánico, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre estaciones.

### 3.4.3.3 Análisis de la dieta según los ciclos de pastoreo

La proporción de los grupos botánicos identificados en la dieta varió significativamente entre ciclos de pastoreo, excepto la de las POV (Tabla 16).

Tabla 16. Valores F del ANOVA para los contrastes de la composición botánica de la dieta entre los ciclos de pastoreo.

		Poáceas de Invierno	Poáceas de Verano	Dicotiledóneas Herbáceas	Arbustos
<b>Composición botánica de la dieta</b>	<b>Ciclo</b>	10,28**	2,36ns	50,71**	40,77**

Nivel de significancia:  $\leq 1\%$  (\*\*),  $\leq 5\%$  (\*) y  $> 5\%$  (ns).

Las POI y DH aumentaron un 3 y 74%, respectivamente; mientras que, los ARB disminuyeron un 23% su proporción en la dieta entre el primer y segundo ciclo de pastoreo (Fig. 26).

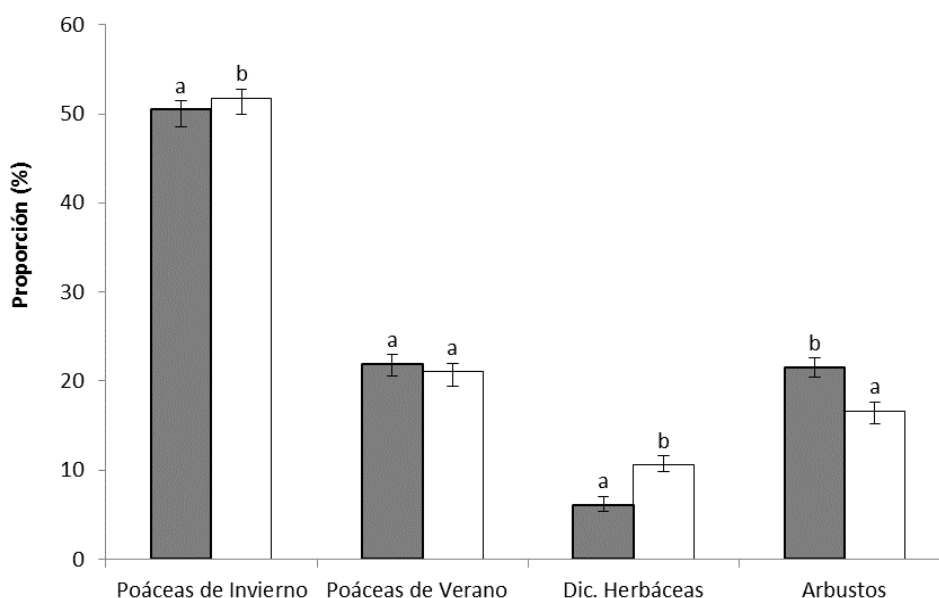


Figura 26. Comparación de la dieta de los novillitos entre el primer (■; 14/04/10) y el segundo (□; 23/09/10) ciclo de pastoreo. Para cada grupo botánico letras iguales no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Para sintetizar la información de la dieta de los novillitos obtenida, se realizó un “biplot” (gráfico conjunto de los grupos botánicos y las fechas) en el plano de las dos primeras componentes principales (86,5% de reconstrucción). Basándose en el análisis de “cluster” se conformaron tres grupos (Fig. 27).

El grupo 1 estuvo principalmente conformado por las fechas de inicio de pastoreo de los potreros **III** (Fig. 15, 19/07/2010), **IV** (Fig. 17, 06/09/10), **I(2)** (Fig. 19, 6/10/10) y **II(2)** (Fig. 21, 3/11/10), en las cuales las POI fueron las especies más importantes en la dieta. El grupo 2 estuvo integrado por las fechas de finalización del pastoreo en los potreros **I** (Fig. 11, 31/05/10), **II** (Fig. 13, 6/07/10), **III** (Fig. 15, 25/08/10), **I(2)** (Fig. 19, 19/10/10) y **II(2)** (Fig. 21, 16/11/10), siendo los ARB los determinantes de esta agrupación. El aporte de las POV y DH en la dieta en los potreros **I** y **III(2)** fue el determinante de la conformación del grupo 3 (Fig. 11 y 23, respectivamente).

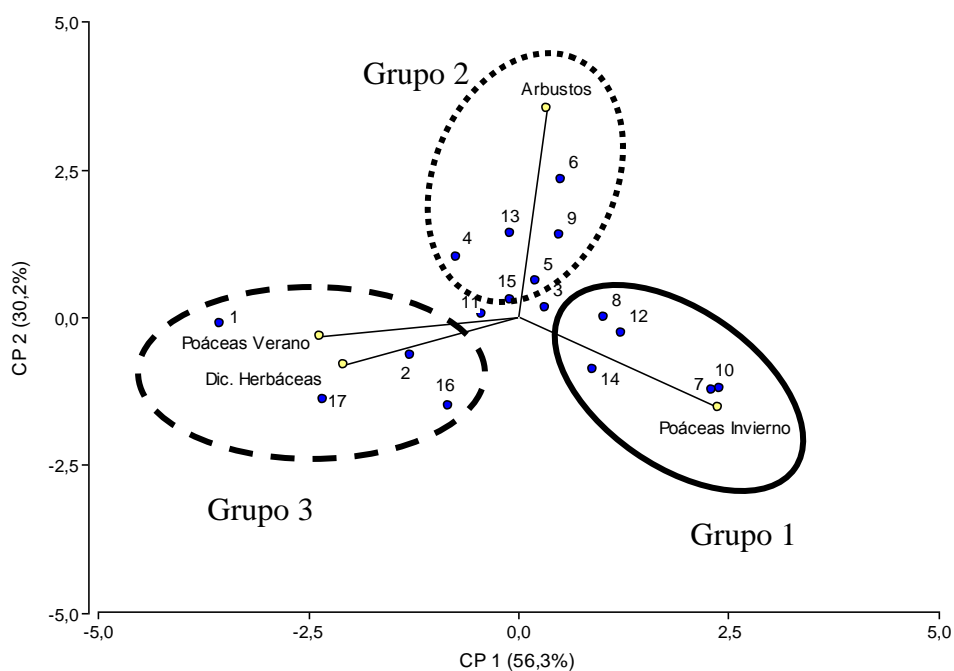


Figura 27. Distribución de la composición botánica de la dieta de los novillitos en las 17 fechas de muestreo, en el espacio definido por las dos primeras componentes principales.

### 3.5 Índice de selectividad

Las POI fueron consumidas en relación a su disponibilidad en todos los potreros en el inicio del pastoreo. El consumo de las POV fue forzado en el

inicio del período de pastoreo de los potreros **III**, **IV** y **I(2)**; mientras que, fue preferido en el potrero **II(2)**. Las DH fueron preferidas, excepto en los meses de invierno. Los ARB fueron altamente preferidos en los potreros **II**, **III**, **IV** y **I(2)** y consumidos según su disponibilidad en el resto de los potreros (Tabla 17).

Tabla 17. Índice de selectividad de *Ivlev* calculados en relación a la disponibilidad en el inicio del pastoreo en cada potrero.

Potrero	Poáceas de Invierno	Poáceas de Verano	Dicotiledóneas Herbáceas	Arbustos
<b>I</b>	-2,1	-1,4	7,7	0,6
<b>II</b>	-3,0	-1,0	8,6	10,0
<b>III</b>	0,5	-6,6	-4,8	10,0
<b>IV</b>	0,3	-5,4	-6,8	8,5
<b>I(2)</b>	1,4	-6,2	6,7	7,3
<b>II(2)</b>	-1,4	9,3	8,9	0,3
<b>III(2)</b>	-2,3	3,1	10,0	4,6

Los índices de selección de la dieta calculados como la relación entre las variables de proporción relativa en el campo y en la dieta (%) sólo se determinaron para el estrato herbáceo (Tabla 18). Según este índice, las POI fueron consumidas de acuerdo a su proporción o preferidas. Las POV fueron preferidas o consumidas de acuerdo a su proporción en el pastizal, excepto en el inicio del períodos de pastoreo en los potreros **III** y **IV**. Lo contrario ocurrió con las DH cuyo consumo fue considerado forzado (Tabla 18).

Tabla 18. Índice de selectividad de Ivlev calculados en relación a la proporción relativa en el campo del estrato herbáceo en el inicio y el final del pastoreo en cada potrero.

	I		II		III		IV		I(2)		II(2)		III(2)	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
<b>Poáceas de Invierno</b>	1,0	6,0	2,0	2,5	1,7	-1,2	4,0	1,2	6,6	5,1	4,6	3,3	-0,5	-2,5
<b>Poáceas de Verano</b>	8,2	5,9	6,3	4,8	-3,8	4,2	0,2	7,5	4,4	6,2	4,7	4,8	4,0	6,9
<b>Dicotiledóneas Herbáceas</b>	-5,5	-8,2	-7,5	-9,3	-8,6	-9,3	-9,7	-8,9	-8,9	-8,2	-8,4	-7,1	-2,6	-3,9



#### 4. DISCUSIÓN

Esta tesis aporta información original y relevante para la región semiárida de La Pampa, referida a la composición botánica de la dieta de novillitos que pastorean un campo natural bajo un sistema de pastoreo rotativo y en donde simultáneamente se evaluaron características del suelo, densidad y disponibilidad forrajera de los estratos herbáceo y arbustivo. Los resultados obtenidos constituyen un aporte significativo para la planificación de futuras estrategias de pastoreo bovino en ambientes semiáridos como el descripto.

En esta tesis no se evaluó el contenido de materia orgánica del suelo antes del rolado, pero considerando los resultados mencionados por Martin *et al.* (2008) y Quiroga *et al.* (2008) en otro sitio del mismo establecimiento en que se realizó este estudio, se podría esperar que la misma haya aumentado luego del rolado, aunque en menor proporción que lo reportado por dichos autores. A diferencia del suelo evaluado por Martin *et al.* (2008) y Quiroga *et al.* (2008), el desarrollo del suelo del sitio de estudio estaría condicionado por el menor contenido de limo y arcilla, lo que disminuiría la adsorción de materia orgánica y dificultaría la retención del agua (Wild, 1992).

En ambientes como en el que se desarrolló este estudio, el rolado disminuye el área inaccesible al pastoreo y mejora considerablemente la condición del pastizal, aumentando la densidad y disponibilidad de las poáceas forrajeras (Sturges, 1973, Martin y Morton, 1993; Adema *et al.* 2004; 2011; Martin, 2014). Sin embargo, el pastizal no alcanza su máximo potencial inmediatamente después de realizada la intervención (Adema *et al.*, 2011). Al

inicio de esta experiencia, 20 meses después del rolado, la condición regular del pastizal estaba evolucionando. Evidencia de esto fueron los parches de suelo desnudo que estaban siendo colonizados por DH anuales (como *S. kali* y *C. album*), grupo botánico considerado “pionero” en el inicio de una sucesión secundaria (Fernández y Maceda, 2006). En este sentido, el área inaccesible al pastoreo se redujo del 39% desde el rolado en el año 2008 (Butti *et al.*, 2012), hasta el 9% al momento de iniciada esta tesis.

La biomasa forrajera en un pastizal de condición regular como el del sitio de estudio, varía entre 500 y 760 kgMS.ha<sup>-1</sup> (Díaz, 2007; Estelrich y Castaldo, 2014). En este estudio, se determinaron valores similares solo en el potrero III sobre finales de la primavera de 2010 como consecuencia de las oportunas precipitaciones (Fig. 5 y Tabla 12). Estelrich y Castaldo (2014) encontraron que las precipitaciones explicaban el 91 y 87% de la producción de biomasa forrajera promedio en un pastizal de condición buena y regular, respectivamente. Los bajos valores de disponibilidad total de forraje determinado en los otros potreros se correspondieron con la condición regular en que se encontraba el pastizal. En el mismo sitio en que se realizó esta tesis, la disponibilidad de forraje varió entre 400 y 600 kgMS.ha<sup>-1</sup> durante el período 2011 y 2013, lo que demuestra la progresiva recuperación del pastizal (Adema *et al.*, 2015; Inédito).

Las poáceas aportaron más del 82% de la disponibilidad de forraje total (Tabla 12), valores esperables teniendo en cuenta la composición botánica del pastizal (Tabla 11). *Nassella tenuis* y *P. napostaense* representaron más del

70% de las poáceas forrajeras (Tabla 11). En el mismo sitio, Adema (2006) determinó que el 65% de las especies del estrato herbáceo correspondían a POI. Si bien las especies forrajeras presentes no difieren entre los sitios analizados y los mismos son similares a los descritos en INTA *et al.* (1980), la frecuencia y abundancia en la que aparecen estas especies pueden variar según las precipitaciones y la condición del pastizal (Estelrich y Castaldo, 2014).

La disponibilidad de los ARB forrajeros estimada en este estudio fue baja, 2% en promedio (Tabla 12), pero la proporción identificada de dicho estrato en la dieta de los novillitos fue significativamente mayor. Así, el consumo promedio de ARB forrajeros por potrero varió del 13,0 al 25,0% (Fig. 11, 13, 15, 17, 19, 21 y 23), alcanzando valores de 33,0% en primavera y 41,1% en invierno. En general, el aporte de los ARB forrajeros a la dieta se incrementó a medida que avanzaba el período de pastoreo en cada potrero, excepto a finales de primavera (Fig. 23). Las diferencias halladas entre la disponibilidad de ARB forrajeros estimada y la proporción identificada en la dieta indican la falta de precisión en la metodología utilizada para estimar la disponibilidad de este grupo. No toda la biomasa aérea de los arbustos puede ser considerada como alimento y es necesario tener en cuenta la accesibilidad a la misma por el bovino. Cada especie arbustiva posee características particulares tales como forma de crecimiento, edad, hábitat donde se desarrolla, estado fenológico, presencia relativa en la comunidad del pastizal (Molinero, 1983; Passera, 1983; Cano, 1988) que determinan el grado de aprovechamiento que los bovinos harán de la misma. Por ello, la metodología a utilizar para evaluar su

disponibilidad se debería ajustar a cada especie en particular, y a la comunidad vegetal en estudio (Molinero, 1983; Passera, 1983). Por lo tanto, primero sería necesario identificar las especies arbustivas seleccionadas por los animales y luego implementar una metodología que evalúe con mayor precisión la disponibilidad de las especies más relevantes en la dieta. *Bredemeyera microphylla*, *L. chilense* y *Ephedra sp.* representaron, en promedio, el 72% de los ARB identificados en la dieta. Existen diferentes técnicas para estimar la biomasa aérea y forrajera de los ARB, además del corte de brotes tiernos y pesada, que se utilizó en esta tesis. Una técnica es el análisis dimensional (Whittaker y Woodwell, 1968; Etienne, 1989), que determina mediante parámetros morfométricos el indicador que mejor explica la biomasa producida en determinado tiempo. Luego, por medio de distintas ecuaciones de regresión estima la biomasa aérea y forrajera de la especie analizada, sin necesidad de cortar la planta o parte de ella (Sarmiento y Siffredi, 1983; Molinero, 1983; Hierro *et al.*, 2000; Iglesias y Barchuk, 2010). Otra metodología, aunque no muy difundida, para estimar la biomasa de ARB está basada en técnicas de fotografía y digitalización de imágenes (Garbulsky *et al.*, 1998). No se conocen estudios de estimación de biomasa para los principales ARB identificados en la dieta de novillitos en esta tesis, tema de suma importancia para planificar el uso del pastizal natural.

La importancia de la contribución de los ARB a la dieta estaría relacionada con la calidad nutricional y a los momentos estratégicos en que son consumidos, ya que su contribución en cantidad de materia seca es pequeña comparada con la de los pastos (Pordomingo *et al.*, 2004). En este estudio se

observó que los ARB fueron más consumidos en el primer ciclo de pastoreo (Fig. 26), cuando la calidad de los demás grupos botánicos no permitiría cubrir los requerimientos nutricionales de los animales. El contenido de proteína bruta promedio de tres años de *B. microphylla* (9,1%), *L. chilense* (12,9%) y *Ephedra* *sp.* (8,1%), antes de iniciar el pastoreo y sobre el crecimiento acumulado desde un pastoreo anterior, fue superior al de las especies del estrato herbáceo (*P. napostaense*, *N. tenuis*, *T. crinita* y *D. californica*, con 6%, 5,8%, 7,7% y 5,2%, respectivamente). Así, los ARB con su aporte proteico habrían incrementado la digestibilidad de la materia seca total y estimulado el consumo de poáceas (Pordomingo *et al.*, 2004). Es importante resaltar que Cano (1988) considera a *B. lycioides* y *E. ochreatea* como de valoración utilitaria intermedia y a *A. seriphioides* como no valiosa. Sin embargo, las observaciones realizadas en el campo y las proporciones halladas en la dieta, en ciertas fechas del año (Fig. 14 y 20) mostrarían que son especies valiosas para el pastoreo en el sitio de estudio. Por lo tanto, el aporte del estrato ARB a la dieta de los novillitos fue significativo en determinados momentos del período de pastoreo y deberían ser tenidos en cuenta al momento de planificar el mismo.

Guevara *et al.* (1996; 1997) y Chichahuala (2013) observaron que la temperatura y las precipitaciones se correlacionaron con las respuestas fenológicas de las especies clave de pastizales naturales dominados por especies estivales. Estos autores concluyeron que las mayores variaciones estacionales en la dieta ocurrieron en respuesta a cambios en la fenología de las poáceas. En los pastizales predominantemente de invierno sobre los cuales se realizó esta tesis, la composición botánica de la dieta de los novillitos

también estuvo condicionada por el estadio fenológico y la disponibilidad de forraje. La diferencia en la composición botánica de la dieta entre las estaciones del año (Fig. 25) estuvo asociada al estadio fenológico en que se encontraba cada grupo botánico (Tabla 13). Las POV y las DH fueron consumidas en mayor proporción en otoño y primavera (Fig. 25). En otoño, las POV aún presentaban material verde entre el follaje maduro debido a las condiciones ambientales favorables del año 2010 (Fig. 5 y 6). En primavera, las plántulas de las DH se encontraban en activo crecimiento y las POV habían iniciado su rebrote (Tabla 13). Si bien, las POI fueron el grupo más consumido en las tres estaciones del año debido a su mayor disponibilidad, el máximo consumo de las mismas se registró en invierno, ya que en ese momento las POV se encontraban en reposo y las DH no estaban disponibles por ser de ciclo anual de crecimiento estival. Estos resultados coinciden con los informados por Mohammad *et al.* (1996) para un pastizal semiárido de Nuevo México (EEUU) y los obtenidos por Bóo *et al.* (1993) en el sur del Caldenal de la provincia de La Pampa, quienes encontraron que la diversidad de la dieta de los bovinos dependía tanto del estado fenológico como de la disponibilidad de forraje.

En general, la composición botánica de la dieta fue diferente entre el inicio y el final del período de pastoreo en cada potrero. La proporción de POI identificadas en las muestras fecales disminuyó a medida que avanzaba el período de pastoreo en todos los potreros, excepto en el I y II (Fig. 11, 13, 15, 17, 19, 21 y 23). En el potrero I, la proporción de las POI aumentó debido al menor consumo de las POV hacia el final del período de pastoreo y en el II, su

consumo fue similar hacia el final del período de pastoreo. En cambio, el consumo de las POV y los ARB aumentó sobre el final del período de pastoreo. Los índices de selectividad calculados, a partir de la proporción relativa de las POI y las POV en el campo y en la dieta, al inicio y final del período de pastoreo en cada potrero, señalan que los animales seleccionaron más a las POI en el inicio y a las POV al final del período de pastoreo, excepto en los potreros I y II, pastoreados a finales de otoño (Tabla 18). Estos resultados serían consecuencia de la variación de la disponibilidad de los grupos botánicos (Durham y Kothmann, 1977; Kufner y Pelliza Sbriler, 1987; Bontti *et al.*, 2002) y la menor selectividad sobre las especies de mayor valor forrajero hacia el final del período de pastoreo en cada potrero (Chávez Silva *et al.*, 2000; Bontti *et al.*, 2002; Marquardt *et al.*, 2010). El análisis de selectividad, calculado comparando la disponibilidad relativa al inicio del pastoreo de cada potrero y la proporción de cada grupo botánico en la dieta, indicó que las POI y las POV fueron consumidas en relación a su disponibilidad. Así, las POV fueron más seleccionadas en el inicio del otoño (potrero I), debido a que se encontraban con todo el forraje acumulado de la estación de crecimiento anterior y todavía con algo de material verde; mientras que, las POI lo fueron el resto del año. Los ARB forrajeros fueron preferidos durante casi todo el período de pastoreo (Tabla 17). Sin embargo, este resultado está subordinado a la precisión con la que se estimó la disponibilidad de ARB. En pastoreos rotativos, la variación de la dieta también dependería de la duración del tiempo de pastoreo. Walker *et al.* (1989) no hallaron diferencias en la composición botánica de la dieta entre el inicio y fin del período de pastoreo en un sistema

rotativo de tres días de uso. En ambientes con alta cobertura de ARB, como el del sitio de estudio en que se desarrolló esta tesis, es dificultoso contar con la infraestructura necesaria para realizar pastoreos cortos (ej. tres días), por lo que los tiempos de pastoreo deben extenderse. Esto permite que los animales sean más selectivos al inicio que al final del período de pastoreo. En estas condiciones, cuando la disponibilidad de un grupo botánico disminuye otro grupo botánico empieza a adquirir relevancia en la dieta. En general, al disminuir la disponibilidad de poáceas se incrementa la proporción de ARB en la dieta de los vacunos (Rosiere *et al.*, 1975; Kirby y Stuth, 1982; Katjua y Ward 2006).

#### **4.1 Consideraciones sobre el análisis microhistológico**

En los estudios en los que se evalúa la composición botánica de la dieta por medio del análisis microhistológico es muy importante realizar un exhaustivo entrenamiento. En esta tesis, los valores de los coeficientes de determinación obtenidos a partir del análisis de las mezclas de prueba fueron  $\geq$  a 0,96 y altamente significativos en todos los casos (Fig. 7 y 8). Estos resultados confirman que los elementos epidérmicos tenidos en cuenta para la caracterización de cada grupo botánico (Fig. 8) y de las POI y POV (Fig. 8) constituyen caracteres taxonómicos válidos para efectuar su correcta identificación, y además, que el grado de capacitación alcanzado permitiría realizar evaluaciones precisas de la composición botánica de la dieta de herbívoros en la región de estudio. Holechek y Gross (1982) sostienen que un



correcto entrenamiento del microtecnista, que incluya la utilización de mezclas de prueba para verificar la exactitud con que se realiza la identificación, es un aspecto fundamental a tener en cuenta si se desean obtener resultados cuantitativos a partir del método microhistológico propuesto por Sparks y Malechek (1968). Esto también incluye una cuidadosa estandarización de la técnica de elaboración de los preparados a examinar para minimizar el error experimental (Lindström, 1994). La técnica microhistológica de Sparks y Malechek (1968) aplicada al análisis microhistológico de heces es usada por investigadores de todo el mundo (Holechek *et al.*, 1982b; Mohammad *et al.*, 1995; Lindström *et al.*, 1998a; Bontti *et al.*, 2002; Castellaro *et al.*, 2007; Darambazar *et al.*, 2014; Olivas *et al.*, 2014). Un aspecto preliminar que debe considerarse es la precisión del muestreo (Brizuela *et al.*, 1983a; 1983b; Bóo *et al.*, 1991; Lindström, 1994; Bontti, 2000). En este estudio, se determinó que observando 20 campos por preparado y 5 preparados histológicos por muestra, el error estándar del muestreo fue inferior a 0,05 (Fig. 9 y 10). Estos resultados coinciden con los informados por Holechek y Vavra (1981), a partir del análisis de muestras esofágicas. Los resultados del análisis microhistológico fueron consistentes con la composición botánica del pastizal (Tabla 8), ya que la mayor proporción de fragmentos identificados en las heces de los novillos pertenecían al grupo de las POI.

## 4.2 Aspectos no resueltos y perspectivas

La variación en el consumo de cada grupo botánico por parte de los novillitos también está asociado al manejo al que son sometidos los animales. Así, futuros estudios deberían orientarse a analizar la composición botánica de la dieta y las ganancias de peso de los animales bajo diferente carga animal y esquemas de manejo (continuo, rotativo con diferentes tiempos de uso y descanso, etc.), como así también de la calidad de la dieta consumida. Esta información mejoraría nuestra comprensión sobre por qué los animales que pastorean sobre pastizales naturales seleccionan determinadas especies o grupos botánicos en ciertas fechas y, así, establecer la carga animal y el sistema de pastoreo que permita incrementar la calidad y disponibilidad de esas especies mejorando así la condición del pastizal.

En esta tesis, el número de preparados histológicos por muestra que era necesario analizar para que el error estándar fuera menor o igual a 0,05 se estimó en base a la variabilidad de una muestra (Fig. 10). Sin embargo, se poseen las muestras necesarias para realizar un análisis más detallado sobre la variabilidad entre animales en distintas fechas para ajustar los muestreos a cada fecha en particular. Así, el muestreo en el campo sería más eficiente y, además, se optimizaría el tiempo destinado a la observación de los preparados histológicos.

Otro aspecto relevante a evaluar en futuros estudios es la interacción animal-dieta. Esto permitiría analizar cómo es el comportamiento de diferentes

categorías y razas a medida que avanza el período de pastoreo y en diferentes épocas del año.

## 5. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones que emergen de los resultados obtenidos en esta tesis en relación a las hipótesis planteadas.

*Hipótesis 1: la composición botánica de la dieta de los vacunos varía con el estado fenológico y la proporción relativa de especies del estrato herbáceo y de arbustos forrajeros presentes en la comunidad de un pastizal mejorado con rolo cortador en el ecotono Caldenal – Monte Occidental de La Pampa.*

Los resultados confirmaron parcialmente la hipótesis 1. Las condiciones en que se desarrolló el pastoreo aseguraron que la proporción relativa de las especies en el campo se mantuviera constante. Sin embargo, la proporción relativa de las especies identificadas en la dieta varió entre el inicio y el final del período de pastoreo en cada potrero. Estos resultados indicarían que la selección por parte de los animales depende más de la disponibilidad que de la proporción relativa en que las especies o grupos botánicos se encuentran en el pastizal. Así, las POI fueron las especies más seleccionadas por los novillitos, lo que estuvo asociado a una mayor densidad y disponibilidad de este grupo durante todo el período de estudio.

El estado fenológico y, en consecuencia, la estación del año en que se realizó el pastoreo, afectó la selección de los grupos botánicos por parte de los

novillitos. Las POV y las DH fueron más consumidas en otoño y primavera, y las especies POI fue el grupo más consumido en las tres estaciones del año, en particular, en invierno.

*Hipótesis 2: en un sistema de pastoreo rotativo la composición botánica de la dieta se modifica a medida que avanza el tiempo de pastoreo en cada potrero.*

Los resultados obtenidos confirmaron la hipótesis 2, ya que la dieta de los novillitos varió a medida que avanzó el período de pastoreo en todos los potreros analizados.

La composición botánica de la dieta fue diferente entre el inicio y el final de cada período de pastoreo en todos los potreros. En general, la dieta varió desde un mayor contenido de las POI al comienzo del pastoreo, a un menor contenido de esas especies sobre el final del mismo, en cada potrero. Las POV y los ARB mostraron una tendencia opuesta.

Si bien los ARB forrajeros tuvieron poca representatividad en la dieta al inicio del período de pastoreo, en general, al finalizar el período de pastoreo en cada potrero adquirieron mayor relevancia, representando en promedio el 25% de la dieta de los novillitos.

## **5.1 Consideraciones Finales**

En las regiones áridas y semiáridas de todo el mundo los procesos de degradación de los pastizales, principalmente por recurrentes sequías e

inadecuado manejo del recurso (sobrepastoreo) son una constante. Los procesos erosivos y una marcada arbustización en estas regiones presentan un gran desafío, tanto para los técnicos como para los administradores de los establecimientos, con el propósito de mejorar y/o mantener el sistema y obtener de manera sustentable, los bienes y servicios que éste proporciona.

Basado en los resultados obtenidos sobre la composición de la dieta y la importancia de los ARB en ciertos momentos del año, se sugiere a los administradores de establecimientos ubicados en ambientes semiáridos con alta proporción de ARB forrajeros, que los mismos sean manejados de manera tal de incrementar la oferta de forraje, a través de prácticas que no afecten significativamente a estas especies valiosas. Los ARB además de proporcionar forraje de buena calidad, también proveen otros servicios ambientales y beneficios para el ganado (sombra y reparo). Muchas veces se invierte tiempo, esfuerzo y dinero para eliminar o reemplazar las especies nativas, tanto del estrato herbáceo como del arbustivo, por otras especies y no se tiene en cuenta el potencial productivo de las mismas, especialmente en años secos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Adema E., D. Buschiazzo, F. Babinec, T. Rucci y V. Gómez Hermida. 2004. Mechanical control of shrubs in a semiarid region of Argentina and its effect on soil water content and grassland productivity. *Agricultural Water Management*, 68: 185-194.
- Adema E. 2006. Recuperación de pastizales mediante rolado en el Caldenal y Monte Occidental. EEA Anguil INTA. Publicación Técnica N° 65. 52 p.
- Adema E., L. Butti y F. Babinec. 2011. Efecto de diferentes aplicaciones de rolado sobre la composición botánica del pastizal en el semiárido-árido de La Pampa. 2<sup>da</sup> Jornada de actualización técnica en manejo y control de renoval. Pp. 75-84.
- Adema E., L. Butti, F. Babinec y R. Distel. 2015. Comparación entre pastoreo continuo y pastoreo rotativo de un pastizal rolado en el centro-oeste de la Provincia de La Pampa. "Inédito".
- Archer S. 1995. Tree-grass interactions in a *Prosopis thornscrub* sabana parkland: reconstructing the past and predicting the future. *Ecoscience*, 2: 83-99.
- Balmaceda N. y N. Digiuni. 1983. Estimación de la dieta de vacunos, ovinos, caprinos y guanacos en la zona de monte por el método microhistológico. *Revista Argentina de Producción Animal*, 10: 265-272.
- Blanco L. 2006. Proyecto Específico de los Proyectos Propios de la Red: Evaluación de los recursos forrajeros naturales (AEFP3501). Proyecto

- Propio de la Red: Manejo sostenible de los pastizales naturales. Red Área Estratégica Forrajes y Pasturas. INTA. 25 p.
- Bontti E. 2000. Composición botánica de la dieta de vacunos (*Bos taurus*) y vizcachas (*Lagostomus maximus*) en un pastizal del sur del Caldenal. M.S. Tesis, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. 87 p.
- Bontti E., H. Giorgetti, R. Bóo, O. Montenegro, G. Rodríguez, O. Elía y N. Kugler. 2002. Composición botánica de dietas de vacunos en la región del Monte durante la implementación de pastoreo rotativo. Libro de actas del 25º Congreso Argentino de Producción Animal, 22: 143.
- Bóo R., L. Lindström y E. Lutz. 1991. Número de preparados por muestra y número de muestras en la estimación de la composición botánica de heces de vacunos. Revista Argentina de Producción Animal, 11: 13-18.
- Bóo R., L. Lindström, O. Elía y M. Mayor. 1993. Botanical composition and seasonal trends of cattle diets in central Argentina. Journal of Range Management, 46: 479-482.
- Bouyoucos G. 1962. Hydrometer method for making particle size analysis soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
- Bray R. y Kurtz L. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soil. Soil Science, 59: 39-45.
- Bremner J. 1996. Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., Methods of Soil Analysis Part. 3: Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. Pp. 1085-1122.

- Brizuela M., M. Cid, M. Cauhepe, E. Viviani Rossi, R. Fernandez Grecco y C. Yagueddu. 1983a. Estimación de la composición botánica de la dieta de vacunos en un pastizal natural. I. Número de muestras requerido. *Revista Argentina de Producción Animal*, 10: 385-394.
- Brizuela M., M. Cid, M. Cauhepe, E. Viviani Rossi, R. Fernandez Grecco y C. Yagueddu. 1983b. Estimación de la composición botánica de la dieta de vacunos en un pastizal natural. II. Efecto de animal y período de muestreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 10: 395-403.
- Butti L., E. Adema, F. Babinec y G. Berterreix. 2012. Recría de terneros en un pastizal mejorado con rolo cortador. *El rolado en Mendoza*. Ed. INTA, 49-53.
- Cabrera A. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo II. Ed. ACME. Fascículo 1. 85 p.
- Cano E. 1988. Pastizales naturales de La Pampa. Descripción de las especies más importantes. Tomo I. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 p.
- Canfield R. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal Forestry*, 39: 388-394.
- Castellaro G., F. Squella, T. Ullrich, F. León y A. Raggi. 2007. Algunas técnicas microhistológicas utilizadas en la determinación de la composición botánica de dietas de herbívoros. *Agricultura Técnica (Chile)*, 67: 86-93.
- Chacon E. y T. Stobbs. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27: 709-727.



- Chávez Silva A., A. Pérez García y E. Sánchez Granillo. 2000. Intensidad de pastoreo y esquema de utilización en la selección de la dieta del ganado bovino durante la sequía. *Técnica Pecuaria México*, 38: 19-34.
- Chicahuala M. 2013. Respuestas fenológicas de dos gramíneas C3 y dos C4 del pastizal natural de San Luis (Argentina) a variaciones de agua y temperatura. Tesis M.S. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires. 57 p.
- Darambazar E., T. Del Curto y D. Damiran. 2014. The influence of cow age on botanical composition of diets in mountain riparian areas in Eastern Oregon of the United States. *Sustainable Agriculture Research*, 3: 1-9. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/sar.v3n1p1>.
- De León M. 1988. Efecto de la disponibilidad de un pastizal sobre la selectividad y el consumo de bovinos. Tesis M.S. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 109 p.
- Di Rienzo J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. Robledo. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar>.
- Díaz R. 2007. Utilización de pastizales naturales. 1<sup>era</sup> ed. Encuentro Grupo Editor. Córdoba, 456 p.
- Digby P. y R. Kempton. 1987. *Multivariate Analysis of Ecological Communities*. Chapman & Hall, London, 206 p.
- Durham A. y M. Kothmann. 1977. Forage availability and cattle diets on the Texas Coastal Prairie. *Journal of Range Management*, 30: 103-106.

- Espinoza F. y J. Vergel. 1998. Efecto de la época sobre la selectividad de gramíneas y leguminosas por bovinos en pastoreo. *Pasturas Tropicales*, 20: 24-28.
- Estelrich H. y A. Castaldo. 2014. Receptividad y carga ganadera en distintas Micro Regiones de la provincia de La Pampa (Argentina) y su relación con las precipitaciones. *SEMIÁRIDA. Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 24: 7-19.
- Etienne M. 1989. Non destructive methods for evaluating shrub biomass: A review. *Acta Oecológica*, 10: 115-128.
- Evans S., A. Pelster, W. Leininger y M. Trlica. 2004. Seasonal diet selection of cattle grazing a montane riparian community. *Journal of Range Management*, 57: 539-545.
- Fernández R. y P. Maseda. 2006. Ecofisiología de arbustivas: Reconocimiento de síndromes para un mejor diagnóstico de la situación de arbustización. *Jornadas de Actualización Técnica: Control y Manejo del Renoval*, INTA, CREA, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Pp. 47-55.
- Fracker S. y J. Brischle. 1944. Measuring the local distribution of ribes. *Ecology*, 25: 283-303.
- Garbulsky M., V. Deregibus, J. Paruelo y R. Golluscio. 1998. Estimación de la oferta forrajera de un arbusto patagónico mediante una técnica fotográfica no destructiva. *Revista Argentina de Producción Animal*, 18: 156.

- Giulietti J. y J. Jackson. 1986. Composición botánica de las dietas anuales de bovinos y equinos en un pastizal natural de la provincia de San Luis, Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*, 6: 289-296.
- Guevara J., O. Estevez, C. Stasi y A. Monge. 1996. Botanical composition of the seasonal diet of cattle in the rangelands of the Monte Desert of Mendoza, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 32: 387-394.
- Guevara J., O. Estevez, C. Stasi y A. Monge. 1997. Monthly botanical composition of the diet of cattle in the rangelands of Mendoza plain, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 36: 655-660.
- Hansen R., T. Foppe, M. Gilbert, R. Clark y H. Reynolds. 1977. The microhistological analysis of feces as an estimator of herbivore dietary. Composition analysis laboratory. Range Sc. Depart. Colorado Sta. Univ., Colorado, USA. 18 p.
- Hierro J., L. Branch, D. Villarreal y K. Clark. 2000. Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *Journal of Range Management*, 53: 617-621.
- Hodgson J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by grazing animal. En: Hacker J.B. (Ed.) *Nutritional limits to animal production from pasture*. Wallingford: CAB International. Pp. 153-166.
- Holechek J. y M. Vavra. 1981. The effect of slide and frequency observation numbers on the precision of microhistological analysis. *Journal of Range Management*, 34: 337-338.

- Holechek J. y B. Gross. 1982. Training needed for quantifying simulated diets from fragmental range plants. *Journal of Range Management*, 35: 644-647.
- Holechek J., M. Vavra, J. Skovlin y W. Krueguer. 1982a. Cattle Diets in the Blue Mountains of Oregon, I. Grasslands. *Journal of Range Management*, 35: 109-112.
- Holechek J., M. Vavra y R. Pieper. 1982b. Botanical composition determination of range herbivore diets: A Review. *Journal of Range Management*, 35: 309-315.
- Huss D., A. Bernardón y D. Anderson. 1986. Principios de manejo de praderas naturales. INTA – FAO. Santiago de Chile. 356 p.
- Iglesias M. y A. Barchuk. 2010. Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). *Ecología Austral*, 20: 71-79.
- INTA, Gobierno de la provincia de La Pampa y UNLPam. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Buenos Aires. 493 p.
- Jacyszyn B. y A. Pittaluga. 1977. Suelos del área de Chacharramendi. Provincia de La Pampa. INTA. Departamento de Suelos. Castelar. 42 p.
- Johnson M. y H. Pearson. 1981. Esophageal, fecal and exlosure estimates of cattle diets on a longleaf pine-bluestem range. *Journal of Range Management*, 34: 232-235.

- Kalmbacher R., K. Long, M. Johnson y F. Martin. 1984. Botanical Composition of Diets of Cattle Grazing South Florida Rangeland. *Journal of Range Management*, 37: 334-340.
- Katjiua M. y D. Ward. 2006. Cattle diet selection during the hot-dry season in a semi-arid region of Namibia. *African Journal of Range & Forage Science*, 23: 59-67.
- Kessler B., F. Kasworm y W. Bodie. 1981. Three methods compared for analysis of pronghorn diets. *Journal of Wildlife Management*, 45: 612-619.
- Kirby D. y J. Stuth. 1982. Botanical composition of cattle diets grazing brush managed pastures in east-central Texas. *Journal of Range Management*, 35: 434-436.
- Kirmse R. 1984. Evaluación del rendimiento en forraje y valor nutritivo de árboles y arbustos. Documento presentado en la mesa redonda internacional sobre *Prosopis tamarugo* Phil. Arica, Chile. Editado por Mario A. Habit (FAO). Panel 5: Producción ganadera. URL: <http://www.fao.org/docrep/006/ad315s/AD315S21.htm#pan5.4>
- Kufner M. y A. Pelliza de Sbriller. 1987. Composición botánica de la dieta del mara (*Dolichotis patagonum*) y del ganado bovino en el monte mendocino. *Revista Argentina de Producción Animal*, 7: 255-264.
- Leslie D., M. Vavra, E. Starkey y R. Slater. 1983. Correcting for differential digestibility in microhistological analysis involving common coastal forages of the Pacific Northwest. *Journal of Range Management*, 36: 730-732.

- Lindström L. 1994. Estudio microhistológico de las especies de gramíneas que integran la dieta de vacunos en el Caldenal: Elaboración de una clave y su aplicación al análisis de muestras fecales. M.S. Tesis, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. 127 p.
- Lindström L., M. Mújica, R. Bóo, M. Torrea, M. García y E. Bontti. 1996. Degradabilidad ruminal: su influencia en la estimación microhistológica de dieta de vacunos. Actas de las XXV Jornadas Argentinas de Botánica. Pp. 415.
- Lindström L., M. Mújica y R. Bóo. 1998a. A key to identify perennial grasses in central Argentina based on microhistological characteristics". Canadian Journal of Botany, 76: 1467-1475.
- Lindström L., M. Mújica y L. Hernández. 1998b. Descripción microhistológica de Dicotiledóneas y Gimnospermas del sur del Distrito del Caldén. Revista Argentina de Producción Animal, 18: 117-128.
- Marquardt S., S. Beck, F. Encinas, H. Alzérreca, M. Kreuzer y A. Mayer. 2010. Plant species selection by free-ranging cattle in southern Bolivian tropical montane forests. Journal of Tropical Ecology, 26: 583-593.
- Martin G. 2014. Técnicas de refinamiento y recuperación de pastizales. 1<sup>era</sup> ed. Universidad Nacional de Tucumán, Serie didáctica N° 85. 64 p.
- Martin S. y J. Morton. 1993. Mesquite control increases grass density and reduces soil loss in southern Arizona. Journal of Range Management, 46: 170-175.

- Martin J., E. Adema, S. Aimar y F. Babinec. 2008. Efecto del rolado sobre propiedades fisicoquímicas del suelo en el ecotono Caldenal – Monte Occidental. EEA Anguil INTA. Publicación Técnica N° 76. 29 p.
- McInnis M., M. Vavra y W. Krueger. 1983. A comparison of 4 methods used to determine the diets of large herbivores. *Journal of Range Management*, 36: 302-306.
- McInnis M., L. Larson y M. Vavra. 1990. Classifying herbivore diets using hierarchical cluster analysis. *Journal of Range Management*, 43: 271-274.
- Metcalf C. y L. Chalk. 1950. *Anatomy of the dicotyledons*. Vol I-II. Clarendon Press, Oxford. 1500 p.
- Metcalf C. 1960. *Anatomy of the monocotyledons*. Vol I: Gramineae. Clarendon Press, Oxford. 731 p.
- Mohammad A., R. Pieper, J. Wallace, J. Holecheck y L. Murray. 1995. Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle. *Journal of Range Management*, 48: 202-205.
- Mohammad A., C. Ferrando, L. Murray, R. Pieper y J. Wallace. 1996. Season and sex influences on botanical composition of cattle diets in southern New Mexico. *Journal of Range Management*, 49: 204-208.
- Molinero H. 1983. Técnicas de determinación de biomasa en cinco especies de arbustos. Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas. 2<sup>da</sup> ed. Pp. 17-22.

- Olivas S., G. Vital y M. Flores. 2014. Métodos para determinar la composición de la dieta en venados: Comparación de su efectividad y factibilidad. *Revista Bio Ciencias*, 2: 252-260.
- Passera C. 1983. Productividad de arbustos forrajeros. Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas. 2<sup>da</sup> ed. Pp. 2-9.
- Peña Neira J. 1981. Métodos para determinar la composición botánica de la dieta de ganado doméstico y fauna silvestre. *Rev. Bibliográfica. Técnica Pecuaria México*, 40: 53-60.
- Pordomingo A. J. y T. Rucci. 2000. Red deer and cattle diet composition in La Pampa, Argentina. *Journal of Range Management*, 53: 649-654.
- Pordomingo A. J., E. Adema, A. B. Pordomingo y T. Rucci. 2004. Uso ganadero de montes rolados en la provincia de La Pampa. EEA Anguil. *Boletín de Divulgación Técnica N° 79*: 164-168.
- Quiroga A., E. Adema, R. Fernández, L. Butti y T. Rucci. 2008. Propiedades del suelo en un pastizal rolado del ecotono Caldenal-Monte Occidental. XXI Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Actas en CD.
- Reyneri A., G. Pascal y L. Battaglini. 1994. Comparison between sheep and cattle grazing behaviour in native low – mountains pasture. CIHEAM – Option Méditerranéennes. Pp. 107-121.
- Roberto Z., G. Casagrande y E. Viglizzo. 1994. Lluvias en la Pampa Central. INTA. Santa Rosa. 25 p.



- Roberto Z., E. Adema y T. Rucci. 2005. Relevamiento fisonómico de la vegetación en el área del Caldenal. EEA Anguil INTA. Publicación Técnica Nº 60. 22 p.
- Roberto Z., E. Fraizer, P. Goyeneche, F. Gonzalez y E. Adema. 2008. Evolución de la carga animal en la provincia de La Pampa (período 2002-2008). EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Publicación Técnica Nº 74. 24 p.
- Rosiere R., R. Beck y J. Wallace. 1975. Cattle diets on semidesert grassland: botanical composition. *Journal of Range Management*, 28: 89-93.
- Rucci T. y D. Iglesias. 1990. Disponibilidad forrajera de un pastizal del Caldenal. *Rev. Fac. Agronomía – UNLPam*, 5: 81-86.
- Sarmiento A. y G. Siffredi. 1983. Estimación de la producción anual por planta y por hectárea de *Mulinum spinosum* (Neneo) en un sitio de Sierras y Mesetas Occidentales. Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas. 2<sup>da</sup> ed. Pp. 10-16.
- Smith A. y L. Shandruk. 1979. Comparison of fecal, rumen and utilization methods for ascertaining pronghorn diets. *Journal of Range Management*, 32: 275-279.
- Sosa Rubio E., L. Sansores Lara, G. Zapata Buenfil y L. Ortega Reyes. 2000. Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria México*, 38: 105-117.

- Sparks D. y J. Malechek. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal of Range Management*, 21: 264-265.
- Sturges D. 1973. Soil moisture response to spraying big sagebrush the year of treatment. *Journal of Range Management*, 26: 444-447.
- Stuth J. W. 1991. Foraging behaviour, en Heitschmidt y J. W. Stuth (Eds.) *Grazing management: An ecological perspective*. Timber press, Portland, Oregon. USA. Pp. 65-83.
- Taylor C., M. Kothmann, L. Merrill y D. Elledge. 1980. Diet selection by cattle under high-intensity low-frequency, short duration, and Merrill grazing systems. *Journal of Range Management*, 33: 428-434.
- Vásquez F., D. Pezo, J. Mora-Delgado y C. Skarpe. 2012. Selectividad de especies forrajeras por bovinos en pastizales seminaturales del trópico centroamericano: un estudio basado en la observación sistemática del pastoreo. *Zootecnia Tropical*, 30: 63-80.
- Vavra M., R. Rice y R. Hansen. 1978. A comparison of esophageal, fistula and fecal material to determine steer diets. *Journal of Range Management*, 31: 11-13.
- Volesky J., W. Schacht, P. Reece y T. Vaughn. 2007. Diet composition of cattle grazing sandhills range during spring. *Rangeland Ecology & Management*, 60: 65-70.
- Walker J., R. Heitschmidt, E. De Morales, M. Kothmann y S. Dowhower. 1989. Quality and botanical composition of cattle diets under rotational and continuous grazing treatments. *Journal of Range Management*, 42: 239-242.

Walkley A. y A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-37.

Whittaker R. y G. Wodwell. 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest. *Journal Ecology*, 56: 1-25.

Wild A. 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Ed. Mundi Prensa. 1045 p.