

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO

Facultad de Agronomía y Agroindustrias

Tesis para la obtención del Grado Académico de

Magíster en Producción Animal

**“CONSUMO Y COMPORTAMIENTO INGESTIVO BOVINO
EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL DURANTE LA
ESTACIÓN SECA”**

Autor: Esp. Técnico Agrónomo, Juan José Saravia Sánchez

Director: PhD. Ing. Agr., José Augusto Imaz

Co-Director: MSc. Ing. Agr., Arnaldo Enrique Fumagalli

Santiago del Estero

Año

2024



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE TUCUMÁN



UNSE
Universidad Nacional
de Santiago del Estero

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Comisión de Supervisión (Resolución FAA N° 189/2017)

- **PhD. Ing. Agr., Alejandro Radrizzani Bonadeo**
- **MSc. Ing. Zoot., Pedro Gerardo Pérez**

Tribunal Examinador (Resolución FAA N° 204/2024)

- **PhD. Ing. Agr., Luciano Gonzáles**
- **PhD. Ing. Zoot., Carlos Rossi**
- **MSc. Ing. Agr., Monica Cornachione**

Agradecimientos

A mi director de tesis José Augusto Imaz por su predisposición paciencia y confianza no sólo en lo profesional sino también en lo personal brindándome esta gran oportunidad llamada Tesis y Australia.

A mi codirector de tesis Arnaldo Enrique Fumagalli por sus consejos, predisposición y confianza desde que entré a trabajar a la institución INTA.

A Rodolfo Renolfi quien fue el que me abrió las puertas a la investigación y confió en mí en momentos de incertidumbre.

A Luciano Gonzales por abrirme las puertas de un sueño llamado Australia.

A Biviana Volta, Mariana Ávila, Héctor Miguel Fissolo, Teresa Sosa integrantes del Laboratorio de Forrajes del INTA Santiago del Estero son parte de este trabajo.

A Sergio Roldán Bernhard por su apoyo y dedicación desinteresada.

A José Patricio Molina, Raquel Brizuela y Karina Leal integrantes del Laboratorio de Forrajes del INTA La Rioja también son parte de este trabajo.

A el personal de apoyo del campo experimental Omar Ledesma, Fabián Acuña, Juan Felipe Coronel, Julio Silva que sin ellos el trabajo de campo sería imposible.

A Ada Albanesi por su apoyo dedicación y predisposición desinteresada.

A Patricia Hermelo excelente profe de inglés mejor persona por el milagro realizado.

A Pablo Peri, Carlos Carranza, Alejandro Radrizzani, Pedro Perez, José Arroquy y Natalia Aguilar por su apoyo y confianza profesional.

A mis compañero y amigos de Maestría Olegario Hernández, Marcelo Pamies, Javier Lara, Nicolás Imas.

Al jurado Dr. Luciano Gonzales, Dr. Carlos Rossi y Dra. Monica Cornachione, por su tiempo y dedicación para mejorar y elevar los conceptos de este trabajo de tesis, con sus correcciones y sugerencia.

Dedicatoria

Dedico esta tesis especialmente a mi esposa Nadia a mis hijos Ignacio, Violeta, Martina, Catalina y a mis padres y hermanos que son la razón de mi ser.

“Todo parece imposible hasta que se hace.”

Nelson Mandela

Resumen

El desarrollo de nuevos planteos ganaderos en áreas de bosques nativos de la región Chaqueña Semiárida, genera la necesidad de nuevos conocimientos. El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto de la suplementación energético proteica sobre el consumo, desempeño animal, selección de la dieta y comportamiento ingestivo bovinos de carne durante la estación seca en un sistema silvopastoril de un bosque nativo. En el experimento I se evaluó el efecto de la suplementación sobre las siguientes variables: Consumo de materia seca (CMS, kg y %) en relación al del peso vivo y ganancia de peso vivo (GDPV, kg). El diseño fue completamente aleatorizado mediante un modelo lineal mixto, considerando como factor fijo al tratamiento de suplementación con dos niveles (0 g, el tratamiento control, TC y 552 g de MS con semilla de algodón por día, el tratamiento suplementado, TS). Se utilizaron 20 terneras de destete, 10 por tratamiento, durante 21 días. El peso inicial del TS fue $119 \pm 2,80$ kg y del TC $113 \pm 2,90$ kg. Los resultados no arrojaron diferencias estadísticas entre tratamientos para CMS kg ($P=0,23$) y CMS % ($P=0,49$). Con relación a la variable de respuesta animal, GDPV no se diferenció el suplementado si hay una tendencia ($P=0,08$). En el experimento II, se evaluó el comportamiento ingestivo desde el punto de vista de selectividad, área explorada y trayectoria. Para selectividad se utilizó un diseño de regresión Beta (β) y se calculó el índice de Ivlev. Para el área explorada y la trayectoria se utilizó un diseño de parcelas anidadas. Se colocaron 6 collares GPS, 3 por tratamiento, entre los días 8 y 21. Para las variables de composición de dieta y selectividad se observaron diferencias significativas entre tratamientos de suplementación ($P<0,05$) donde TS consumió y seleccionó más gramíneas implantadas GI, nativas GN y menos leñosas LE y dicotiledóneas DI que TC, siendo significativa ($P<0,05$) la interacción con el suplemento. Para trayectorias (m/h) no hubo diferencias significativas ($P=0,30$). Se concluye que la suplementación a los 21 días, no afecta el consumo y desempeño, si el comportamiento ingestivo (selectividad).

Palabras Clave: suplementación, bosque nativo, invierno, selectividad, etología.

Abstract

The developing novel livestock farming management in native forest areas of the semi-arid Chaco region, is crucial to increment productivity and sustainability, simultaneously. The objective of this thesis was, to evaluate the effect of protein-energy supplementation on grazing intake, animal performance, diet selection and ingestive behavior of beef cattle, during the dry season in a silvopastoral forest system. In trial I, there was investigated the effect of supplementation on dry matter intake (DMI, kg) and DMI as percentage live weight (%) and live weight gain (ADG, kg). The experimental design was completely randomized using a mixed linear model, considering the supplementation treatment with two levels as a fixed factor (0 g, the control treatment, TC and 552 g of DM with cotton seed per day, the supplemented treatment, TS). Twenty weaning calves (10 per treatment) were for monitored 21 days. The initial weight was 119 ± 2.80 kg and 113 ± 2.90 kg for TS and TC, respectively. There were not significant differences between treatments for CMS kg ($P=0.23$), CMS % ($P=0.49$) and ADG ($P=0.08$). In trial II, ingestive behavior was evaluated considering selectivity, explored area and trajectory. For selectivity, a Beta (β) regression design was used and the Ivlev index was calculated, for the explored area and the trajectory a nested plot design was used. Six GPS collars were used, 3 per treatment, deployed between days 8 and 21. Diet composition and selectivity did differ space treatments of supplementation ($P<0.05$). In this regard, TS selected more implanted grasses GI, native GN species, less woody species and dicotyledonous than TC. The interaction of what with what the supplementation treatment significant ($P<0.05$). Trajectories were similar between treatments ($P=0.30$). It is concluded that supplementation after 21 days does not affect total grazing intake and animal performance, but rather ingestive behavior.

Key Word: Intake, supplementation, silvopastoral, dry season, selectivity.

Tabla de Contenidos

Agradecimientos	iv
Dedicatoria.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Tabla de Contenidos	x
Lista de Tablas.....	xii
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de abreviaturas.....	xv
Capítulo I. Revisión de antecedentes.....	1
Introducción	1
Revisión de antecedentes generales	3
Sistemas Silvopastoriles (SSP).....	3
Consumo, selectividad y comportamiento ingestivo de rumiantes	4
Suplementación proteica en pasturas de baja calidad.....	5
Identificación histológica de fragmentos de plantas en heces.....	7
Uso de collares GPS en producción animal	8
Lugar y sitio donde se desarrollaron los experimentos de consumo y comportamiento ...	8
Área de estudio	9
Clima	9
Suelos	10
Vegetación.....	11
Capítulo II. Objetivo e hipótesis.....	13
Objetivo.....	13
Hipótesis.....	13
Capítulo III. Experimento I: Estimación del consumo y desempeño bovino en un sistema silvopastoril durante la estación seca	14

Introducción	14
Materiales y métodos	15
Animales y tratamientos	15
Medición del consumo: dosificación del marcador y recolección de heces.....	16
Estimación del consumo	18
Análisis estadístico	20
Resultados	20
Discusión.....	28
Conclusiones	33
Capítulo IV. Experimento II: Comportamientos ingestivo bovino	34
Introducción	34
Materiales y métodos	35
Estimación de la composición de la dieta (Micro histología)	35
Muestreo de forraje y abundancia de especies	37
Índice de selectividad de Ivlev	38
Collares GPS	39
Análisis estadístico	41
Resultados	42
Discusión.....	49
Conclusión.....	53
Capítulo V. Conclusiones generales	54
Capítulo VI. Bibliografía	56

Lista de Tablas

Tabla 3.1. Valores promedios (%) de composición química de las especies encontradas en la dieta en %. Estrato superior de gramíneas implantadas (GI, <i>Megathyrus maximus</i> cv. GatonPanic y <i>Pennisetum ciliare</i> cv. Texas), gramíneas nativas (GN, <i>Trichloris crinita</i> , <i>T. pluriflora</i>). Hojas y brotes de dicotiledóneas (DI, <i>Wissadula densiflora</i>). Hojas y brotes de leñosas, Talilla (TA, <i>Celtis pallida</i>), Atamisqui (AT, <i>Capparis</i> spp.), Algarrobo (AL, <i>Prosopis</i> spp), y suplemento semilla de algodón (SA)	22
Tabla 3.2. Producción de heces (PDH $\text{kg} \cdot \text{cab}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), digestibilidad de la dieta (DIV %) y consumo total de materia seca (CMS $\text{kg} \cdot \text{cab}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ y CMS %PV) por tratamiento	22
Tabla 3.3. Peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia media diaria de peso vivo (GDPV), en $\text{kg} \cdot \text{cab}^{-1}$	23
Tabla 3.4. Matriz de correlación de Pearson entre los animales de ambos tratamientos con las siguientes variables: Semilla de Algodón (SA) en porcentaje (%), Peso inicial en kg (PI), ganancia media diaria de peso vivo a los 21 días (GDPV 21) en $\text{kg} \cdot \text{cab}^{-1}$, la digestibilidad de la dieta (DIV) expresado en porcentaje (%) y el consumo de materia seca (CMS) expresados en (kg y %) del peso vivo	27
Tabla 4.1. Matriz de correlación del coeficiente de Rho Spearman de la selectividad de los grupos de especies, (GI) gramíneas implantadas, (GN) gramíneas nativas, (LE) leñosas, (DI) dicotiledóneas, (OT) otras	44
Tabla 4.2. Significancia de los efectos de los tratamientos, control (TC), suplementado (TS) de las regresiones Beta por grupos de especies, gramíneas implantadas (GI), gramíneas nativas (GN), leñosas (LE), dicotiledóneas (DI), otras (OT)	45
Tabla 4.3. Valores medios de las elipses (radio) y desvío estándar (SD) de los ejes (x,y) expresados en metros (m) por franja horaria h) y por tratamientos TC (control) y TS (suplementado).....	46
Tabla 4.4. Valores medios de las distancias recorridas diarias en metros (m) y promedios (X), de los animales por tratamientos, control (TC), suplementado (TS), diurnas (D) y nocturnas (N), durante el periodo experimental en dos etapas, del día 8 al 15 y 15 al 22	
Tabla 4.5. Significancia de los efectos del tratamiento en función a la trayectoria recorrida en metros por hora de los tratamientos durante el periodo experimental	49

Lista de Figuras

Figura 1.1. Diagrama simplificado de la relación planta.....	5
Figura 1.2. Plano de la Unidad Demostrativa Experimental de Recría de Vaquillonas en un Sistema Silvopastoril en Bosque Nativo del Chaco Semiárido	9
Figura 1.3. Promedio histórico de precipitación mensual en milímetros (mm) serie 1981-2015 en el Campo Experimental Francisco Cantos	10
Figura 3.1. Curva de calibración de la digestión del dióxido de titanio (TiO ₂) en función de la absorbancia (405 nm).....	17
Figura 3.2. Curva de correlación de la concentración de dióxido de titanio (TiO ₂) en función de la absorbancia (405 nm).....	18
Figura 3.3. El eje X muestra los días (21) transcurridos del experimento. (eje Y izquierdo) indica la dinámica de consumo de suplemento (SA, semilla de algodón) durante los días de experimentación. De la misma manera, ambas barras verticales indican la disponibilidad de biomasa (Kg*MS*lote) al inicio y al final del experimento (eje Y derecho).....	21
Figura 3.4. Tratamiento suplementado: Coeficiente de variación (CV) entre el suplemento (SA) con los valores de las especies en la dieta por animal expresados en %. Gramíneas implantadas (GI), gramíneas nativas (GN), leñosas (LE), dicotiledóneas (DI), otras especies (OT), la digestibilidad (DIV) y la ganancia de peso vivo (GDPV) en kg	24
Figura 3.5. Tratamiento control: Valores y Coeficiente de variación (CV) de las especies intervinientes en la dieta por animal en (%) de gramíneas implantadas (GI), gramíneas nativas (GN), leñosas (LE), dicotiledóneas (DI), otras especies (OT), la digestibilidad (DIV) de la dieta por animal en % y la ganancia de peso vivo (GDPV) por animal en kg	26
Figura 4.1. Curva de calibración de la disponibilidad de forraje en gramos (g) en función de 5 patrones, 13 transeptos n=169 mediante la técnica de Botanal.....	38
Figura 4.2. Composición histológica de la dieta por tratamiento. (GI) Gramíneas Implantadas, (GN) Gramíneas Nativas, (LE) Leñosas, (DI) Dicotiledóneas, (OT) Otras, (SA) Semilla de Algodón.....	43

Figura 4.3. Selectividad de los animales de los tratamientos (control y suplementado) por grupos de especies. (GI) Gramíneas Implantadas, (GN) Gramíneas Nativas, (LE) Leñosas, (DI) Dicotiledóneas, (OT) otras	44
Figura 4.4. Distribución media de las observaciones acumuladas, de los animales con collares GPS por tratamientos C (control), S (suplementado) y franjas horarias durante el periodo experimental	47
Figura 4.5. Distancia recorrida en metros por hora (m/h) por los animales de ambos tratamientos C (control) y S (suplementado) durante el día y la noche en el periodo experimental.....	49

Lista de abreviaturas

AGV: Ácidos grasos volátiles
AOAC: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales
C₄: Carbono 4
CaCl₂•2H₂O: Cloruro de calcio
CEFC: Campo Experimental Ing. Francisco Cantos
cm: centímetro
CMS: Consumo de materia seca
Cr₂ O₃: Oxido Crómico
CS: Compuestos secundarios
CuSO₄: Sulfato de cobre
cv: Cultivar
DMS: Digestibilidad de la materia seca
DIV: Digestibilidad in vitro
DRD: Distancia recorrida diurna
DRN: Distancia recorrida nocturna
EEASE: Estación Experimental Agropecuaria de Santiago del Estero
EE: Extracto etéreo
EM: Energía metabolizable
Ev: Equivalente vaca
FDA: Fibra detergente ácido
FDN: Fibra detergente neutro
GDPV: Ganancia de peso vivo
°C: Grados Centígrados
g: Gramos
GPS: Sistema de posicionamiento global
Ha: Hectárea
H₂O₂: Peróxido de hidrogeno
h: Horas
H₂S: Ácido sulfhídrico

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Kg: Kilogramo

$\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$: Fosfato de di hidruro de potasio

K_2SO_4 : Sulfato de potasio

Mcal: Mega calorías

mg: Miligramo

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: Sulfato de magnesio

ml: Mililitro

m/h: metros por hora

mm: Milímetro

MS: Materia seca

Na_2CO_3 : Carbonato de sodio

Na Cl: Cloruro de sodio

$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$: Sulfuro de sodio nona hidratada

nm: Nanómetro

NOA: Noroeste Argentino

PB: Proteína bruta

PC: Proteína cruda

PDH: Producción de heces

PF: Peso final

PI: Peso inicial

Pv: Peso vivo

RMS: Raíz de la suma de los cuadrados

TC: Tratamiento control

TS: Tratamiento suplementado

SSP: Sistemas silvopastoriles

TiO_2 : Dióxido de titanio

Capítulo I. Revisión de antecedentes

Introducción

Una de las características principales de los recursos forrajeros de la región Chaqueña Semiárida, pastizales nativos y pasturas implantadas, radica en una marcada estacionalidad de la productividad del forraje. El ciclo aumenta durante la estación lluviosa concentrada en el periodo estival y disminuye durante la estación seca en el invierno y mayor parte de la primavera. La calidad del forraje es afectada por dicha estacionalidad, disminuyendo drásticamente la digestibilidad de 70 a 40% y el contenido de proteína bruta de 12 a 4% (De León, 2005). Una de las herramientas de manejo que permite suplir el déficit de forraje invernal. Es diferir una proporción de la biomasa forrajera acumulada durante la estación de crecimiento para ser consumida en invierno (Poppi y Mc Lennan, 1995). Por otro lado, la suplementación energético-proteica puede ser utilizada para corregir el déficit nutricional que experimenta el ganado durante la estación seca debido a la reducción en la cantidad y calidad del forraje descripta previamente. Cuando el forraje es de baja calidad (Pordomingo *et al*, 1991) o cuando la oferta es limitante, (Cangiano y Brizuela 2011) la suplementación permite aumentar el consumo total de materia seca (CMS), y presumiblemente de nutrientes, mejorando así el balance energético y proteico de las dietas (Stobbs, 1973; Illius y Gordon, 1991; Allen, 2014). A nivel ruminal, los efectos positivos de la suplementación fueron asociados a un aumento del nitrógeno amoniacal en el fluido ruminal favoreciendo la actividad microbiana (Satter y Roffler, 1975).

Uno de los principales efectos negativos que produce el bajo contenido de proteína en pasturas megatérmicas, es la reducción en el consumo de energía metabolizable (Poppi *et al*, 1995). Sin embargo, en los sistemas silvopastoriles (SSP) el forraje no sólo proviene del estrato herbáceo (especies forrajeras nativas, implantadas o ambas) sino también del estrato leñoso, de hojas, brotes tiernos y frutos (Renolfi, 1989; Degano *et al*, 2000; Radrizzani y Renolfi, 2004), supliendo al menos de manera parcial, la falta de nutrientes a través del ramoneo (Gordon *et al*, 2006; Rossi *et al*, 2007). El consumo de especies leñosas en un SSP depende de la estación del año y el tipo de rumiante (Pérez y Gómez, 2008). Los caprinos consumen mayor proporción de especies leñosas que los ovinos y bovinos, especialmente durante la época seca (Degano *et al*, 2000; Catan y Degano, 2007; Yayneshet *et al*, 2008). Es probable que esta respuesta, tenga explicación en la capacidad que poseen los caprinos

para tolerar compuestos anti nutritivos y su habilidad para seleccionar, incluso hojas pequeñas ubicadas en las ramas, producto de su aparato bucal (dentadura) en contraposición los bovinos, sólo pueden ingerir el brote completo (Addlestone *et al*, 1998). Diferencias en el comportamiento ingestivo bovino en relación a caprinos, muestran que los bovinos estarían menos capacitados para consumir dietas menos digestibles y menos proteicas lo que se debería, en parte, al tamaño corporal, tamaño de bocado y diferentes requerimientos fisiológicos y metabólicos de los bovinos (Miñón *et al*, 1991.; Balmaceda y Digiuni, 1983). Estos autores observaron mediante el uso de microhistología de heces en vacunos, guanacos, ovejas y cabras pastoreando un arbustal estépico bajo en la provincia de Río Negro (Argentina) que el consumo de gramíneas forrajeras en el año fue: 73.3%, 56,4%, 43,6% y 7,7% para las especies mencionadas, respectivamente. Además, se menciona que las dietas de vacunos y caprinos se superponían en la estación seca, mientras que al iniciarse el periodo de rebrotes de gramíneas (primavera) se diferenciaban cuando los vacunos invertían más tiempo pastoreando mientras que los caprinos ramoneaban especies leñosas.

En relación al forraje, consumo y comportamiento. Las características estructurales que poseen las especies forrajeras que componen el estrato de pastoreo pueden afectar el consumo y comportamiento ingestivo de los bovinos (Sollenberger y Burns, 2001). El proceso de defoliación está influenciado por: 1, la disponibilidad y calidad de las distintas especies y fracciones que componen la oferta herbácea (hojas, tallos y material muerto), 2, su ubicación dentro del dosel (Holderbaum *et al*, 1992) y 3, la selectividad que surge de la interacción planta–animal (Hodgson *et al*, 1994) bajo distintas presiones de pastoreo (Benvenuti *et al*, 2008). En este sentido, la proporción de hojas en el estrato superior de gramíneas fue correlacionada positivamente al consumo de forraje (Euclides *et al*, 2000). Por otro lado, a medida que avanza los macollos a estados reproductivos, hay un incremento en la proporción de los tallos afectando en forma negativa al proceso de selección durante la defoliación, formando una barrera para la aprensión de las hojas, sobre todo en categorías jóvenes como terneros/as y vaquillonas (Benvenuti *et al*, 2008). En SSP, los animales deben utilizar una comunidad forrajera más diversa y variable en comparación con pasturas monofíticas. La variabilidad espacial y temporal produce un mosaico de formaciones vegetales, por lo que el animal se ve forzado a recorrer, seleccionar e identificar sitios de alimentación y así mismo deben integrar la información acerca de sus necesidades nutricionales (Cangiano y Brizuela, 2011). A nivel de sitios de alimentación, las plantas

difieren en tamaño, arquitectura, caracteres morfológicos, nutrientes y compuestos secundarios (Bergström, 1992; García y Medina, 2006) e inclusive en estadios fenológicos (Valero *et al*, 2006). Esas variaciones, asociadas a las necesidades nutricionales, causan que los animales sean altamente selectivos, y dicha selectividad varía de una especie animal a otra (Ouédraogo-Koné *et al*, 2006; Sanon *et al*, 2007; Skarpe *et al*, 2007; Miñon *et al*, 1991). A medida que la vegetación es más heterogénea se encontró una relación positiva entre el número creciente de especies de plantas y el consumo animal diario (Deli *et al*, 2005). La selectividad a través de diversas escalas espaciales puede ser restringida por otros factores distintos a la calidad y cantidad de forrajes, tales como arreglo espacial de las especies de plantas (Bergman *et al*, 2005; Moser *et al*, 2006), cobertura y visibilidad (Mysterud y Ostbye, 1999). La presencia de metabolitos secundarios, espinas y pubescencia, pueden modificar la relación entre ingesta y calidad (Scogings *et al*, 2004; Skarpe *et al*, 2007) y además pueden ocurrir cambios en la ingesta dependiendo de la presencia combinada de árboles, arbustos y herbáceas (Moser *et al*, 2006). Teniendo en cuenta todos los factores mencionados la herbívora en estos sistemas resulta compleja y de difícil interpretación.

Estudios previos indicarían que los sistemas silvopastoriles sobre bosques nativos de la región Chaqueña están siendo considerados como una alternativa viable de producción ganadera que genere un menor impacto sobre los recursos naturales existentes (Roldán Bernhard y Saravia Sánchez, 2015). La presente tesis pretende abordar aspectos relacionados al consumo, respuesta animal, utilización de forrajes, efecto de la suplementación a corto plazo y comportamiento ingestivo de bovinos en pastoreo durante la estación seca en dichos sistemas.

Revisión de antecedentes generales

Sistemas Silvopastoriles (SSP)

En las zonas subtropicales y templadas de América del Sur (Argentina, Chile y el Sur de Brasil, Bolivia, Colombia y Venezuela), los SSP se han convertido en sistemas económicos, ecológicos y productivos (Peri *et al*, 2016). Estos sistemas incorporan especies exóticas arbóreas y herbáceas o se desarrollan en bosques nativos gestionados en sistemas que permiten la producción forestal y ganadera en la misma unidad de superficie (Peri *et al*, 2016). Los SSP en bosques nativos representan una alternativa de producción ganadera de

menor impacto sobre los recursos naturales (Peri *et al*, 2016). Se evidenció un incremento de la población vacuna producida por la agriculturalización en la región Chaqueña de la Argentina (Roldán Bernhard y Saravia Sánchez , 2015). Los SSP también representan una oportunidad de mejorar la huella de carbono, agua y energías asociadas a la producción de carne. Este enfoque se basa en aprovechar la productividad primaria neta de un modelo más integral, usando material leñoso para la generación de energía, aprovechando la madera cosechada, manteniendo condiciones de temperaturas y humedad más moderadas para el ganado (Roldán Bernhard y Saravia Sánchez, 2015). Esta condición en las variables ambientales se podría traducir en una mejora de la calidad nutricional del forraje herbáceo debajo de los árboles en comparación con áreas abiertas (Ludwig *et al*, 2008). En ecosistemas semiáridos, árboles y arbustos pueden mejorar las condiciones del suelo debajo de la canopia al aumentar la actividad microbológica, generando más disponibilidad de nutrientes (Belsky *et al*, 1993; Durr y Rangel 2000, 2002). De esta manera se podrían lograr sistemas más estables a las condiciones ambientales en el mediano y largo plazo y de menor dependencia de insumos externos.

Consumo, selectividad y comportamiento ingestivo de rumiantes

Los rumiantes constituyen un tipo de animal herbívoro cuyas características anatómicas y fisiológicas los convierten en no competitivos con el hombre por el uso de los recursos alimenticios (Hofmann, 1986). De las 176 especies de ungulados, 145 son rumiantes que se alimentan de recursos de composición química y física ampliamente diferente como líquenes, pastos y vegetación le leñosa (Robbins *et al*, 1995, Ditchkoff, 2000, Perez-Barberia *et al*, 2004).

Hasta la primera mitad del siglo XX existió poco interés en incluir el consumo en la evaluación de alimentos, esto se debió a que prevalecía la idea de que el ganado consumía cualquier tipo de alimento al 3% de su peso vivo (Minson y Wilson, 1994). En base al conocimiento desarrollado en los últimos años, está ampliamente aceptada la teoría basada en que el consumo de un animal es el resultado de la integración de limitaciones físicas, químicas y metabólicas de los alimentos y el sistema digestivo de los rumiantes (Detmann *et al*, 2014). Dentro de estas limitaciones, se encuentran aquellos que disminuyen la performance de los herbívoros y se denominan factores anti calidad (Allen y Segarra, 2001; Laca *et al*, 2001). Actualmente se considera que estos compuestos actúan como defensa de

las plantas contra la herbivoría ya que limitan el consumo de plantas que los poseen (Provenza *et al*, 2009). Dentro de los factores anti-calidad se encuentran los factores estructurales, como por ejemplo espinas, depósitos de sílice y estructura del conopeo, que pueden modificar el consumo y el comportamiento ingestivo (Danell *et al*, 1991; Laca y Ortega, 1996; Dummont *et al*, 2002). En condiciones de pastoreo, el animal se comporta diferente dependiendo de los niveles y escalas jerárquicas que pueden afectar el consumo y modificar el comportamiento ingestivo (Senft *et al*, 1987; Bailey *et al*, 1996; Baumont *et al*, 2000). Por lo tanto, mientras más variado y heterogéneo es el forraje más complejas son las interacciones planta-animal (Fig. 1.1).

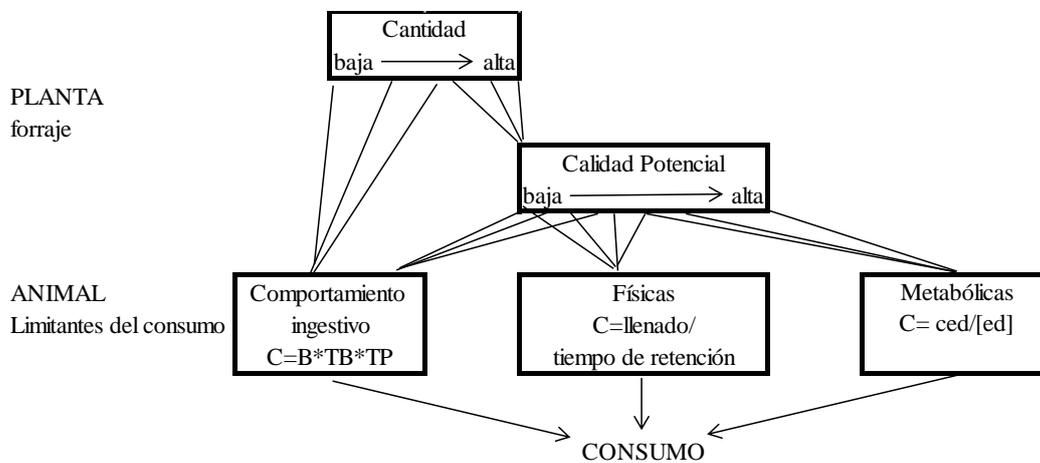


Figura 1.1. Diagrama simplificado de la relación planta: animal (C = consumo; B = peso de bocado; TB = tasa de bocado; TP= tiempo de pastoreo; ced = consumo de energía digestible; [ed] = concentración de energía digestible), tomado de Moore (1981) en Cangiano y Brizuela, 2011.

Suplementación proteica en pasturas de baja calidad

En todo el mundo los sistemas de producción de ganado dependen principalmente del pastoreo y conservación forrajes para el suministro de nutrientes (Galyean y Goetsch, 1993). En la región Chaqueña Semiárida el forraje es producido en los meses de Octubre a Abril (estación húmeda) y corresponden a gramíneas megatérmicas cultivadas de mayor producción (comparado a las gramíneas nativas) y de rápido pasaje de estado vegetativo a reproductivo (Cornacchione *et al*, 2008). En los meses de Abril a Octubre (estación seca) el crecimiento disminuye por lo cual se difiere el excedente de forraje producido en la estación húmeda (De León, 2005). El forraje diferido se caracteriza por tener bajo contenido proteico

en el orden de 4 a 6 % PB segun (Slanac *et al*, 2007) y digestibilidad menor al 55% (Leng, 1990). Diversos autores coinciden en que el déficit de PB disminuye el consumo voluntario de la fibra de baja calidad disponible y afecta negativamente a la ganancia de peso y condición corporal del ganado (Beames, 1959; Bond y Rumsey, 1973; Church y Santos, 1981; McLennan *et al*, 1981; Hennessy, 1986; Goetsch *et al*, 1987; McLennan *et al*, 1989; Garg y Gupta, 1992; Holt y Knipfel, 1993).

El uso de suplementos proteicos mejora la ingesta y la performance animal (Minson, 1990). Varios estudios han documentado el efecto positivo de la suplementación proteica sobre el consumo de forraje (Del Curto *et al*, 1990a). Este incremento está asociado a una mejora en la digestión del forraje y a un incremento en la tasa de pasaje por el tracto digestivo (McCollum y Galyean, 1985; Mathis *et al*, 1999). Existen numerosos trabajos sobre la respuesta animal durante la estación seca en la región Chaqueña (Balbuena, 1998; Chaparro, 1998; Sampedro, 1998). Utilizando diferentes suplementos proteicos como semilla de algodón (SA) (Balbuena, 1998; Salado y Fumagalli, 2003), harina de algodón (Kucseva, 2001; Slanac *et al*, 2007) , afrechillo de trigo y expeler de algodón (Balbuena *et al*, 2003 a, 2003b), cáscara de soja (Kucseva *et al*, 2013), grano de soja (Balbuena *et al*, 2012) y harina de soja (López *et al*, 2014), estos autores reportaron una mejora en la ganancia de peso vivo (GDPV) de ganado vacuno.

En un trabajo realizado por (Kucseva *et al*, 2001) utilizando suplementación con SA (18 % PB, 20 % EE) a niveles de 0, 0,15; 0,3 y 0,45 % peso vivo y heno de *Cynodon niemfluensis* “pasto estrella” (3, 9 % PB), fueron reportados incrementos en el consumo de heno, total, como así también en la GPVD. Posteriormente (Balbuena *et al*, 2002), utilizaron novillitos consumiendo heno de pasto estrella y niveles crecientes de suplementación con harina de algodón (39% PB). Dicho autor reportó incrementos en el consumo de heno en el consumo total. (Saravia Sánchez *et al*, 2017) investigaron la recría de vaquillonas durante la estación seca en pastoreo de gramíneas megatérmicas (*Megathyrsus maximus* y *Pennisetum ciliare*) donde se registraron diferencias significativas de GPVD a favor del tratamiento suplementado con SA, 0,6% PV; 23,5 % PB en un periodo de 98 días. Por otra parte, (Balbuena *et al*, 2012) en un estudio con terneras de destete (180 kg/an) consumiendo heno de pasto estrella y suplementación con grano de soja al 0,7 % PV, reportaron incrementos en el consumo total y GDPV en comparación al tratamiento control aunque no existieron diferencias en el consumo de forraje.

Estudios previos sugieren que la suplementación estratégica es una herramienta válida para mejorar el desempeño animal en pastoreo a base de forrajes de baja calidad. Sin embargo, en la mayoría de los trabajos regionales antes mencionados, no se ha evaluado la respuesta animal a la suplementación energético-proteica en condiciones de pastoreo. Menos aun, en sistemas de alta complejidad como son los SSP, donde la oferta de forraje disponible, proviene de diferentes tipos de vegetación, estratos y fluctúa entre estaciones en relación a cantidad y calidad. Además, el presente estudio utilizó marcadores ruminales para la medición del consumo animal en SSP, lo cual incorpora una complejidad metodológica adicional y aporta nuevo conocimiento escaso o inexistente en la región.

Identificación histológica de fragmentos de plantas en heces

La microhistología o microtécnica es una forma de taxonomía basada en la identificación y cuantificación de los tejidos epidérmicos vegetales presentes en mezclas de plantas, heces, contenidos ruminales, estomacales o fistulares siendo diseñada para determinar la composición botánica de la dieta de herbívoros silvestres y domésticos (Sparks y Malechek, 1968; Peña Neira, 1980).

Las determinaciones más exactas se obtienen cuando dicha técnica se aplica a muestras provenientes de fístulas esofágicas, debido a que los fragmentos ingeridos no han sufrido aun la degradación del proceso digestivo (Hansen *et al*, 1977; Vavra *et al*, 1978; Smith y Shandruk, 1979; Johnson y Pearson, 1981; Kessler *et al*, 1981; Peña Neira, 1980; Holechek *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 (Pelliza de Sbriller, 1993). El muestreo es económico, simple y puede ser tan grande como sea la población estudiada (Holechek *et al*, 1982b). Por ello la metodología de (Sparks y Malechek, 1968) con las adaptaciones para el análisis de fragmentos epidérmicos en las heces (William, 1969; Free *et al*, 1970) fue y es una técnica muy utilizada por numerosos autores, como herramienta para determinar la dieta de animales domésticos y de la fauna silvestre (Hansen y Reid, 1975; Woodward y Coppock, 1995; Hansen y Gold, 1977; Bonino *et al*, 1986; Balmaceda y Digiuni, 1983, Miñon *et al*, 1991, Cid y Brizuela, 2009 ; Butti, 2015). 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 diferencial de la epidermis descriptas (Leslie *et al*, 1983; De León, 1988).

Uso de collares GPS en producción animal

A las técnicas de avistamientos con animales entrenados que se utilizaban y que en la actualidad se siguen utilizando en los estudios de comportamiento animal a pastoreo (Miñon *et al*, 1991), las mismas fueron complementadas con el uso de collares GPS (Turner *et al*, 2000). Se ha utilizado también, el seguimiento por radio telemetría con el objetivo de no perturbar el comportamiento natural de rumiantes en pastoreo, minimizando tiempo y esfuerzo de personal calificado (Pinchak *et al*, 1991; Rodgers *et al*, 1996). El desarrollo de dispositivos con GPS para el monitoreo de rumiantes en pastoreo se utilizó inicialmente para estudiar la posición de animales salvajes en sus respectivos hábitats (Ungar *et al*, 2005). Esta tecnología permitió aumentar el conocimiento de la complejidad que caracteriza al proceso de pastoreo y la relación planta-animal en ambientes con heterogeneidad espacial, diversidad de estratos y de especies característicos de los sistemas SSP en bosques nativos (Ormaechea *et al*, 2012). Diversos dispositivos con GPS de precisión variable han sido utilizados para monitorear el movimiento de ovinos (Roberts *et al.*, 1995; Rutter *et al.*, 1997) y bovinos (Udal *et al.*, 1998; Turner *et al.*, 2000; Ganskopp y Bohnert, 2006) con un nivel de detalle muy aceptable (Tomkiewicz, 2010). Es así, que empleando estos dispositivos se evaluó el efecto de suplementos minerales, (Bailey *et al*, 2004), sales y ubicación de aguadas (Ganskopp, 2001), sobre los patrones de distribución de los animales en pastoreo. En función de la información precedente y del tipo de sistema (SSP) donde se desarrollaron los experimentos de esta tesis, se decidió el uso de collares GPS para determinar el comportamiento desde el punto de vista de las distancias recorridas y sitios explorados por las vaquillonas con y sin suplementación.

Lugar y sitio donde se desarrollaron los experimentos de consumo y comportamiento

Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Demostrativa Experimental (UDE) de recría de vaquillonas en un SSP en bosque nativo, perteneciente al Campo Experimental Ing. Francisco Cantos (CEFC) y dependiente de la Estación Experimental Agropecuaria de Santiago del Estero (EEASE) del Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria (INTA). La misma se encuentra ubicada en la Ruta Nacional N° 9 Km 1108 depto. Capital a 27 km de la Capital de Santiago del Estero, 28° 05' Sur y 64° 15' (Fig 1.2.).

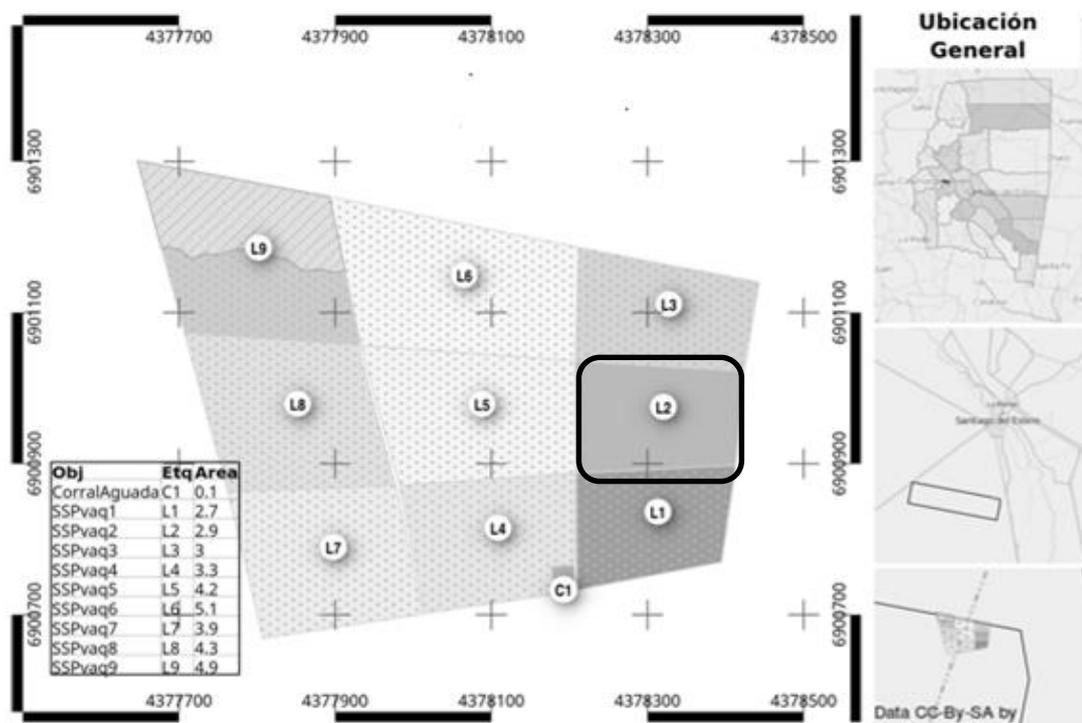


Figura 1.2. Plano de la Unidad Demostrativa Experimental de Recría de Vaquillonas en un Sistema Silvopastoril en Bosque Nativo del Chaco Semiárido. Superficie total 34 ha, L-2 : parcela experimental superficie 3,3 ha.

Clima

De acuerdo a la clasificación Thornthwaite corresponde a tipo de clima Semiárido Mesotermal. Se caracteriza por presentar lluvias estacionales estivo-otoñales, (450 mm a 650 mm) el promedio histórico anual del CEFC es de 607,7 mm (Figura 1.3). La temperatura promedio máxima es de 27,5°C y la mínima es de 12,8°C (Serie de datos 1989-2015, equipo de climatología EEA Santiago del Estero). El balance hídrico presenta valores negativos,

aún en los períodos húmedos estivo-otoñales. La evapotranspiración potencial oscila alrededor de 1.100 mm anuales. El invierno es seco y relativamente benigno, sin embargo, todos los años se producen heladas, la fecha media de ocurrencia de primera helada (Junio), mientras que la última en (Septiembre). El rasgo esencial es la gran variabilidad de precipitaciones entre años, entre estaciones y aún dentro de las estaciones. Ello se manifiesta en el comportamiento de los elementos de mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas, como la temperatura y las precipitaciones (Adamoli *et al*, 2011).

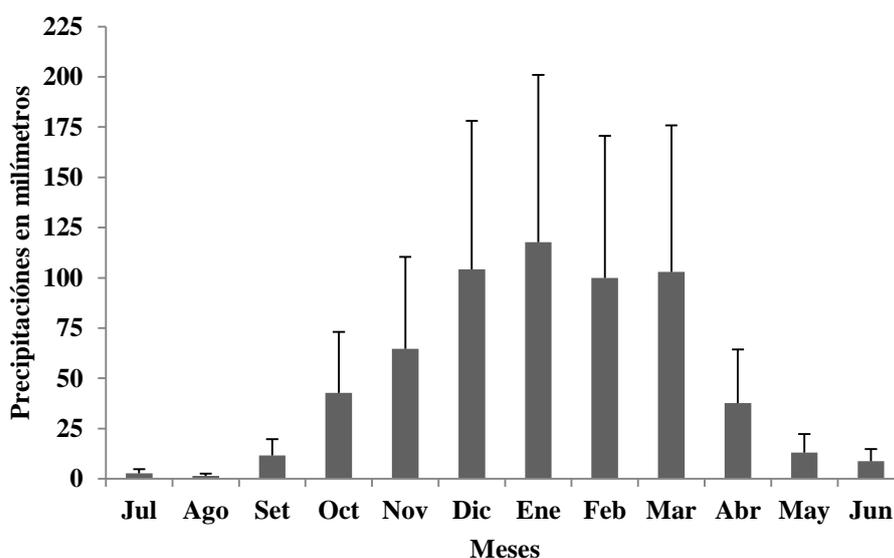


Figura 1.3. Promedio y desvío estándar histórico de precipitación mensual en milímetros (mm) serie 1981-2015 en el Campo Experimental Francisco Cantos. Fuente: grupo Agrometeorología Recursos Naturales. EEA INTA Santiago del Estero.

Suelos

El suelo pertenece a un Entisol Torriortent típico (Soil Survey Staff 1192) Serie La María, franco-grueso, mixto, hipertérmico, de escaso desarrollo presentado una secuencia de horizontes A-AC-C. (Lorenz, 1995). Otra descripción dice que: es un Haplustol Torriorténtico y morfológicamente son suelos moderadamente fértiles bien drenados y moderadamente alcalinos en profundidad, la limitante es la baja capacidad de almacenamiento de agua y la restricción climática (Angueira, 2007). Con relación a la

capacidad de uso no está definida, la única información es del Atlas de suelos de la República Argentina escala 1:500.000 siendo un: VI c el cual no representaría con exactitud el sitio.

Vegetación

Los experimentos que conforman el presente estudio de tesis fueron realizados en un bosque nativo secundario de dos quebrachos con tres estratos vegetales (Ilustración 1.1).

Arbustivo: compuesto por “Talilla” (*Celtis pallida*), “Garabatos” (*Acacia praecox*, *Acacia furcatispina*) y especies del género *Capparis spp.* como “Atamisqui”, (*Capparis atamisquea*).

Herbáceo: conformada en parches pre-existente, compuesto principalmente por “Trichloris” (*Trichloris crinita*, *T. pluriflora*), “Setaria” (*Setaria leiantha*), (*Gouinia latifolia*, *G. paraguayensis*) y (*Digitaria californica*).

Las especies sembradas introducidas fueron Gatton Panic (*Megathyrsus maximus ex Panicum maximum, cv. GattonPanic*) y Buffel (*Pennisetum ciliare ex Cenchrus ciliaris cv. Texas*) (Ilustración 1.2).



Ilustración 1.1. Lote 2 (Parcela experimental). Visualización mediante Dron y a nivel de terreno del Bosque Nativo secundario de dos Quebrachos y sus estratos. Campo Anexo Francisco Cantos INTA EEA Santiago del Estero (28° 05´ Sur y 64° 15´).



Ilustración 1.2. De izquierda a derecha. Vegetación herbácea presente: gramíneas (1. *Megathyrsus maximus* cv. *GattonPanic*, 2. *Trichloris crinita*, *T. pluriflora*) y latifoliada no leñosa (3. *Wissadula densiflora* var. *schulzii* R.E.F).

Capítulo II. Objetivo e hipótesis

Objetivo

1. Evaluar el efecto de la suplementación energético-proteica sobre el consumo de materia seca, respuesta animal, selección de la dieta y comportamiento ingestivo, en términos de posicionamiento espacial de bovinos de carne a pastoreo durante la estación seca (invierno) en un sistema silvopastoril de bosque nativo del Chaco Semiárido.

Hipótesis

1. Los animales suplementados poseen un mayor consumo de materia seca en relación a los animales no suplementados debido al mayor aporte nutricional que alcanzan a partir de la suplementación estratégica durante la estación seca.

2. Los animales suplementados tienen una mayor respuesta en términos de ganancia de peso vivo y peso final en relación a los no suplementados.

3. Los animales no suplementados presentan una mayor proporción de especies no gramíneas consumidas en la dieta en términos de selectividad y preferencia.

4. Los animales no suplementados presentan un comportamiento ingestivo diferencial en términos de posicionamiento espacial, debido a una mayor actividad de búsqueda.

Capítulo III. Experimento I: Estimación del consumo y respuesta animal en un sistema silvopastoril durante la estación seca

Introducción

El consumo de materia seca en rumiantes en pastoreo puede explicar más del 70% del rendimiento animal (Waldo 1986; Poppi *et al*, 1994; Illius, 1997; Velásquez *et al*, 2018). Es por ello, que numerosos estudios se han llevado a cabo con el objetivo de elucidar, los factores que intervienen en la regulación del consumo de alimento en los rumiantes en pastoreo (Roche *et al*, 2008; Allen, 2014; Detmann *et al*, 2014), existiendo importantes barreras metodológicas para su determinación (Carvalho *et al*, 2007). Uno de los métodos frecuentemente utilizados, para predecir el consumo de forraje en rumiantes en pastoreo, está relacionado con la evaluación de la excreción fecal y la digestibilidad del alimento, mediante la dosificación de marcadores ruminales externos (óxido crómico, óxido de titanio, lípido y polietilenglicol) e internos (FDA, Alcanos, Sílice), (Titgemeyer *et al*, 2001; Valentini *et al*, 2012; de Souza *et al*, 2015). Los marcadores se caracterizan por ser sustancias no digeribles y por lo tanto no son absorbidas por el animal (Souza *et al*, 2015), teniendo tasas de pasaje similares a los alimentos y pueden ser recuperados en las heces para su posterior análisis de su concentración en las mismas (Fahey y Jung, 1983).

La estación seca en el Noroeste argentino se caracteriza por tener pasturas mega térmicas de baja digestibilidad debido a su bajo contenido proteico, el cual limita el CMS de las mismas (De León, 2005). En dicho escenario, el ganado bovino en crecimiento, no logra cubrir sus requerimientos nutricionales tanto proteicos como energéticos, disminuyendo su GDPV (Poppi *et al*, 1995). Además de las pasturas mencionadas, esta región se caracteriza por su oferta variada de forraje proveniente del bosque nativo como especies leñosas arbustivas, arbóreas, herbáceas nativas y frutos. Dichas fracciones, podrían suplir, en parte, el déficit nutricional antes mencionado (Scarpa, 2007). Por otra parte, la suplementación con insumos externos que aportan proteína y energía, son una herramienta utilizada para aumentar el CMS de baja digestibilidad en la estación invernal, que coincide con la estación seca en dicha región. (Hernández, 2017) menciona que dicha suplementación permitiría el

aumento en el consumo de nutrientes, mejorando así el balance energético y proteico de las dietas (Stobbs, 1973; Illius y Gordon, 1991; Allen, 2014).

El objetivo de este experimento fue determinar el consumo de materia seca total de vaquillonas de recría en pastoreo y su respectiva ganancia de peso vivo, evaluándose el efecto de una suplementación energético-proteica ofrecida en un sistema silvopastoril de la región Chaqueña Semiárida durante la estación seca.

Materiales y métodos

Animales y tratamientos

El período experimental fue de 21 días (31/08/2015 - 20/09/2015) hacia el final periodo invernal que corresponde a la estación seca. Se utilizaron 20 terneras cruce Bradford obtenidas del rodeo de cría del Campo Experimental Ing. Francisco Cantos (INTA). Los animales fueron pesados en una balanza mecánica individual de 1500 kg con un ayuno de 20 ± 1 hs sin agua y sin comida. Para la variable de GDPV ($\text{Kg} \cdot \text{cabeza}^{-1}$) se realizaron 2 pesadas: inicial (PI), y final (PF) a los 21 días, (Tabla 3.2). Luego se separaron y fueron asignados al azar a dos tratamientos: a) TC (control): animales no recibieron suplementación y b) TS (suplementado): animales recibieron semilla de algodón entera (SA) a razón de 600 g de peso fresco, equivalente a 552 g (92 % -MS- por animal por día). Dicha suplementación aportó 1.75 Mega calorías de Energía Metabolizable (Mcal EM) y 39,2 g de Proteína Metabolizable (PM) (NRC, 2000). El peso promedio de los animales fue de $113 \pm 2,90$ (n=9) y $119 \pm 2,80$ (n=10) para TC y TS, respectivamente. El TC conto con un animal menos debido a que un animal se descartó por un problema motriz al inicio del experimento. El consumo del suplemento a nivel grupal fue calculado pesando el remanente diario que consistió en la diferencia entre la cantidad de suplemento ofrecido y rechazado. La rutina de suplementación consistió en un encierre diario a corral de 9 a 10 am en la cual el suplemento fue ofrecido en un corral con comederos individuales. En forma contemporánea, los animales TC permanecieron en la parcela de pastoreo con la finalidad de evitar que tengan alguna posibilidad de consumir SA durante dicho periodo. Concluida la hora de suplementación los animales del TS regresaban a la parcela de pastoreo. Se realizó un período de adaptación de 14 días previos al comienzo del ensayo en condiciones similares de pastoreo y suplementación provistas en una parcela contigua con similares características.



Ilustración 3.1. Terneras cruza Bradford. Tratamiento control (TC) y tratamiento suplementado (TS).

Medición del consumo: dosificación del marcador y recolección de heces

Se utilizó como marcador externo dióxido de titanio (TiO_2) usando la metodología descrita por (Titgemeyer *et al*, 2001). Se dosificó a cada animal con 10g TiO_2 contenido en cápsulas de papel de rápida degradación (Ilustración 3.2). El suministro de las cápsulas se hizo vía oral del día 1 al 12. Del 1 al 7 acostumbramiento y del 8 al 12, junto con la dosificación del marcador, comenzó la extracción de muestras de heces del recto de los animales, una vez por día (10 am) a todos los animales del ensayo. La toma de muestras finalizó el día 12, cumpliéndose 5 días de muestreo consecutivo. Se obtuvieron 49 muestras del TS y 45 del TC. Las muestras se acondicionaron en un freezer (-4°C) para su conservación y fueron descongeladas, se obtuvo el peso fresco y el peso seco luego de secar las muestras en una estufa de aire forzado a 60°C durante 3 días. Posteriormente, las muestras fueron procesadas en molino Willey (modelo TS3375E15, Thomas Scientific, Swedesboro, New Jersey, USA) utilizando una malla de 2 mm y por último se colocaron en envases plásticos rotulados. Una alícuota de 50g de las muestras se utilizó para el cálculo de producción de heces (Ph) y otra alícuota similar para microhistología. Luego mediante digestión Kieltec System 1002 Distilling Unittr se procedió a obtener la curva de calibración del marcador (Figura 3.1), para lo cual se añadió a cada tubo de digestión macro-Kjeldhal de 250 ml una concentración de 0, 2, 4, 6, 10 mg de TiO_2 sin muestras de heces, se añadió a cada tubo los catalizadores 3,5g de sulfato de potasio (K_2SO_4), 0,4g de sulfato de cobre/cúprico (CuSO_4). Luego se añadió el medio ácido, 12 ml de Ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98%, se colocó el colector y se taparon los 12 tubos para generar vacío, luego se digirieron

durante 4h a 420°C. Se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos, se agregó 10 ml por tubo de peróxido de hidrogeno (H₂O₂) al 30% llevándose a 100g de líquido total con agua destilada. Para el filtrado se utilizaron filtros (Whatman N°541) para eliminar cualquier precipitado. Luego se colocaron en el espectrofotómetro (Cole Parmer 1200) a una absorbancia a 405 nm de longitud de onda. La muestra sin titanio se utilizó como blanco para las lecturas del espectrofotómetro. La fórmula obtenida permitió calcular la concentración de TiO₂ en función de la absorbancia de las muestras de heces extraídas de los 18 animales durante 5 días y 1 animal 4 días (n=94). Por último, se dividió por la dosis diaria de marcador (10g) obteniendo así el valor diario en gramos de (Ph) por animal. Los valores leídos se promediaron obteniendo así la Ph final por animal y por tratamiento.

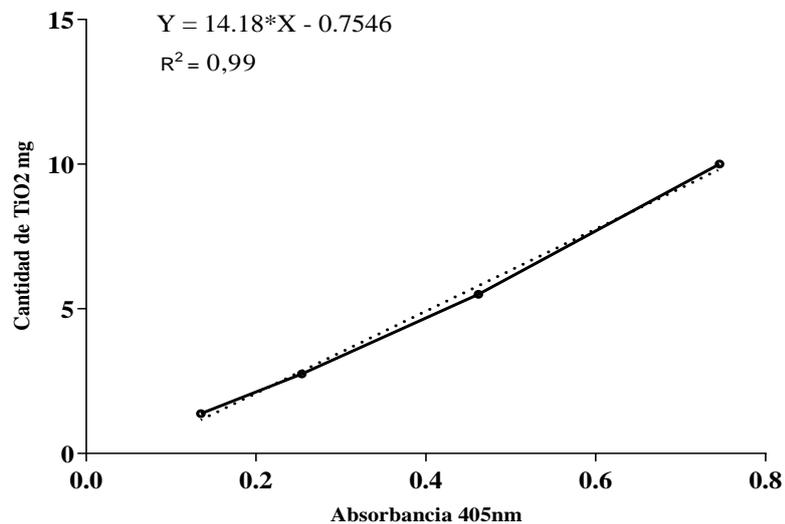


Figura 3.1. Curva de calibración de la digestión del dióxido de titanio (TiO₂) en función de la absorbancia (405nm).



Ilustración 3.2. Dosificación con 10 g de (TiO₂) en cápsulas de papel y recolección de muestras de heces del recto.

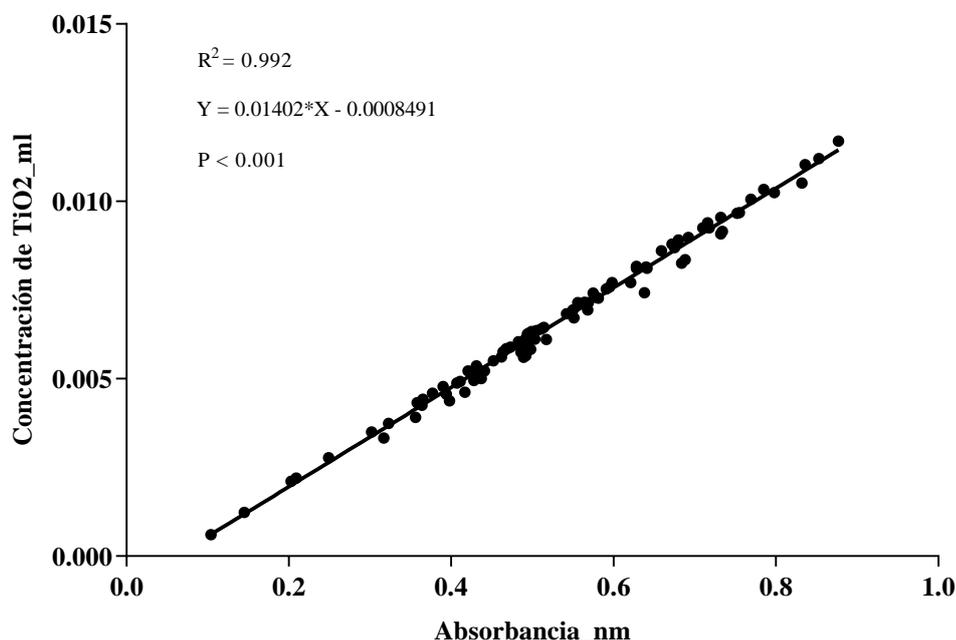


Figura 3.2. Curva de correlación de la concentración de dióxido de titanio (TiO₂) en mililitros y en función de la absorbancia medida a (405 nanometro).

En la Figura 3.2, se puede observar la correlación lineal obtenida ($R^2=0,992$) entre la concentración del marcador dosificado (ml) y la absorbancia (nm) en las muestras de heces (n=95) de los animales de ambos tratamientos, siguiendo similar tendencia lineal de la curva de calibración (Figura 3.1).

Estimación del consumo

Digestibilidad in vitro.

Para determinar la participación relativa (%) de las especies integrantes de las dietas en cada tratamiento, se utilizó la técnica micro histológica (Rimieri, 1985), descrita en (Capítulo IV apartado 2.1), para ello se realizó un muestreo mediante cosecha manual (*hand plucking*), (Smit *et al*, 2005; Gregorini *et al*, 2009). Se recolectaron muestras de hojas y tallos tiernos del estrato superior en las gramíneas, de las especies arbóreas, arbustivas y latifoliadas herbáceas y el suplemento ofrecido. Se realizó una muestra compuesta utilizando

todos los compartimentos herbáceos, arbóreos y arbustivos colectados para su posterior análisis químico.

Las muestras fueron secadas a 55°C en estufa de aire forzado durante 3 días, molidas a través de un tamiz de 2 mm (Willey, modelo TS3375E15) y luego se determinó materia seca de laboratorio a 105° C y cenizas mediante calcinación con horno mufla a 600° C durante dos horas. El análisis de PB se realizó mediante Kjeldahl (método de la Association of Official Analytical Chemists, (AOAC), fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) mediante ANKOM 200 FIBER ANALYZER. La determinación de cenizas insolubles en solución detergente ácido fue realizada mediante la incineración en mufla las bolsitas filtrantes luego de la determinación de FDA.

El análisis de la digestibilidad *in vitro* fue realizado mediante la metodología descrita por ANKOM Technology, Inc. (2008) para un equipo Daisy II. La misma consta de la utilización de dos soluciones buffer: 1) solución A, KH₂PO₄ (10 g/l), MgSO₄•7H₂O (0.5 g/l), Na Cl (0.5 g/l), CaCl₂•2H₂O (1 g/l), Urea (grado reactivo; 0.5g/l); 2) solución B: NaCO₃ (15 g/l) y Na₂S • 9H₂O (1g/l). El medio de cultivo se realizó en una proporción de 4:1 (medio de cultivo: líquido ruminal) a una temperatura de 39° C, agitando la solución para permitir una mezcla uniforme. El líquido ruminal se obtuvo de dos bovinos fistulados cuya dieta fue a base de heno de alfalfa. El material fue incubado por 24 h, en bolsitas filtrantes N°57.

Cálculo de producción de heces

$$\mathbf{X} = (\mathbf{y} - 0,0546) / 0,0702$$

X = Concentración en g de marcador por muestra

y = valor de Absorbancia de la muestra en nm

$$\mathbf{Ph} = \mathbf{X}/\mathbf{d}$$

Ph = Producción de heces (g/cab/día)

X = Valor en g de concentración de marcador

d = Dosis suministrada en g de marcador

Cálculo del consumo

El consumo se estimó a partir de la cuantificación de la producción de heces (fracción Indigestible) y la digestibilidad *in vitro* de la dieta consumida por los animales.

CMS=Ph/1-DIVMS

CMS = Consumo de materia seca en g

Ph = Producción de heces en g

DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca en %

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado y el análisis de datos se realizó mediante un modelo lineal mixto considerando como factor fijo al tratamiento de suplementación con dos niveles (0: control y 552 g MS SA.día⁻¹: suplementado). Los animales individualmente fueron incluidos como factor aleatorio. Se verificó la normalidad y la homogeneidad de varianzas mediante test de Levene. La comparación entre medias se realizó utilizando test de Tukey ($P < 0.05$). También se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las siguientes variables: suplemento (SA), peso inicial y peso final los 21 días (PF 21), ganancias de peso a los 21 (GDPV 21), digestibilidad ponderada de la dieta (DIV %) y el consumo en kg y porcentaje del peso vivo (CO kg y %). Se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Software, 1994).

$$P^{\wedge}(y) = \alpha + \text{Trat}_{\text{supl}} + \sigma$$

Donde $P^{\wedge}(y)$ es la probabilidad de la variable dependiente, α intercepto que corresponde al control, $\text{Trat}_{\text{supl}}$ al efecto fijo que corresponde al tratamiento suplementado y σ al error experimental.

Resultados

La Figura 3.3 muestra una disminución lineal del rechazo del suplemento por lo tanto aumenta el consumo del suplemento a medida que transcurre el periodo de evaluación ($P < 0,05$). Por otro lado, la biomasa de forraje fue menor al final del periodo en comparación al inicio (eje Y derecho, $P < 0,05$). La cantidad de SA ofrecida fue 0,552 kgMS.cab⁻¹ (92% MS). Durante los primeros 6 días de experimentación, el consumo de suplemento promedio fue de 0,235 kgMS.cab⁻¹, luego, el consumo de suplemento aumento desde el día 14 a 0,432 kgMS.cab⁻¹ ., alcanzando el consumo total del suplemento ofrecido a partir del día 18. Con

relación a la biomasa de forraje disponible al inicio (día 0) y final del periodo (día 21), la misma fue de 3638 ± 318 y 1553 ± 115 kgMS.lote⁻¹, respectivamente, observándose una diferencia significativa entre ambos valores ($P < 0,05$). Se puede observar que a medida que disminuye la biomasa de forraje aumenta el consumo del suplemento.

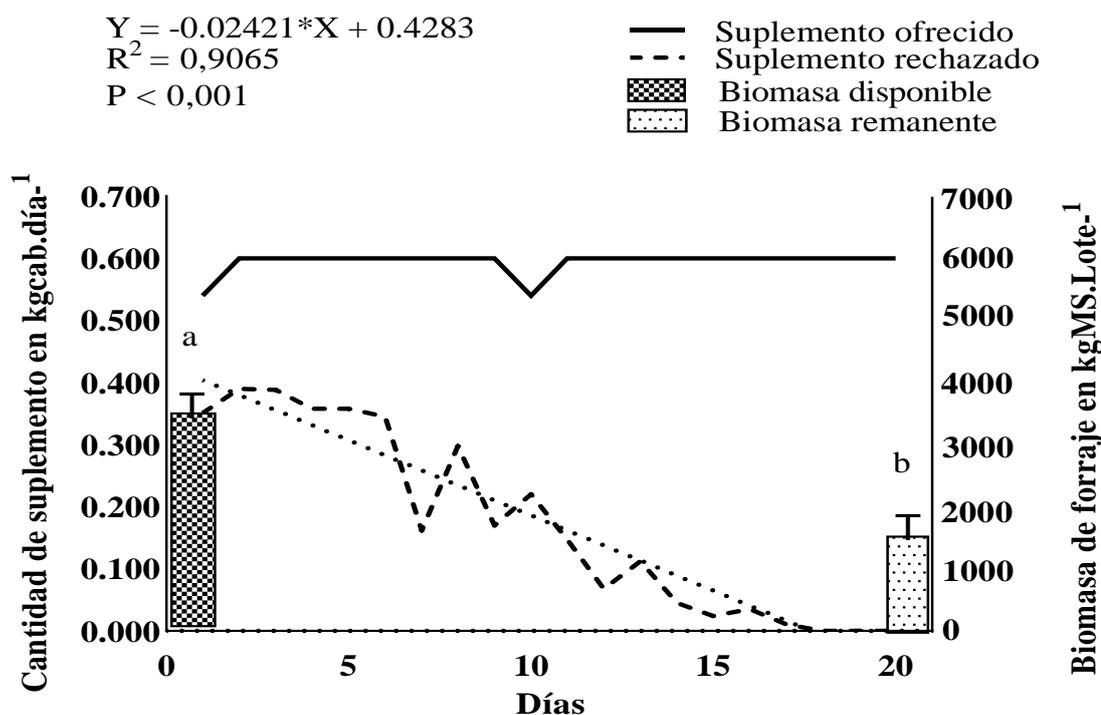


Figura 3.3. El eje X muestra los días (21) transcurridos del experimento. Eje Y izquierdo indica la dinámica de consumo de suplemento (SA, semilla de algodón) en kg MS.cab⁻¹ durante los días de experimentación. De la misma manera, ambas barras verticales indican la disponibilidad de biomasa en kgMS.lote⁻¹ al inicio y al final del experimento indicado en el eje Y derecho.

La Tabla 3.1 muestra los resultados de la composición química de las especies consumidas por los animales. En relación a ello, tanto en GI como GN, tuvieron valores absolutos más bajos para los parámetros de proteína bruta y digestibilidad en comparación a las especies leñosas TA, AT, AL y DI no leñosas. Incluso, la DIVMS de estas especies es mayor a la DIVMS de la SA excepto AT y AL. Para los parámetros de FDA y FDN se observan valores absolutos inversos a los de DIV y PB siendo mayores que (TA, AT, AL, DI y SA).

Tabla 3.1. Valores promedios de composición química de las especies encontradas en la dieta (%). Estrato superior de gramíneas implantadas (GI, *Megathyrsus maximus* cv. GattonPanic y *Pennisetum ciliare* cv. Texas), gramíneas nativas (GN, *Trichloris crinita*, *T. pluriflora*). Hojas y brotes de dicotiledóneas (DI, *Wissadula densiflora*). Hojas y brotes de leñosas, Talilla (TA, *Celtis pallida*), Atamisqui (AT, *Capparis* spp.), Algarrobo (AL, *Prosopis* spp), y suplemento semilla de algodón (SA). Desvío estándar de la media (\pm).

Especie	MS_105	PB	Czas	FDN	FDA	DIVMS
GI	91,12	8,12 \pm 0,02	9,02 \pm 0,25	76,62 \pm 0,22	44,24 \pm 0,50	52,75 \pm 1,20
GN	91,54	5,48 \pm 0,03	9,55 \pm 0,35	81,99 \pm 0,22	48,27 \pm 0,50	36,39 \pm 1,47
DI	94,03	22,53 \pm 0,17	14,69 \pm 0,43	36,66 \pm 2,93	19,74 \pm 1,38	75,89 \pm 1,14
TA	88,80	19,36 \pm 0,30	20,14 \pm 0,75	30,98 \pm 5,08	17,44 \pm 2,40	90,15 \pm 1,40
AT	93,61	16,05 \pm 0,17	9,47 \pm 0,43	47,57 \pm 2,93	24,93 \pm 1,38	59,92 \pm 1,14
AL	95,34	17,49 \pm 0,17	5,71 \pm 0,43	48,02 \pm 2,93	34,92 \pm 1,38	58,73 \pm 1,14
SA	92,03	21,14 \pm 0,01	5,84 \pm 0,43	46,29 \pm 2,93	32,29 \pm 1,38	68,59 \pm 1,14

MS: materia seca; PB: proteína bruta; Czas: cenizas; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca.

En la Tabla 3.2 se observa que la Ph no difirió estadísticamente entre tratamientos ($P=0,77$) mientras que la DIV fue significativamente mayor en el TS en comparación al TC ($P<0,05$). Con relación al CMS (Kg), no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0,23$). El CMS (%) tampoco difirió estadísticamente ($P=0,49$) entre el tratamiento suplementado y el tratamiento control.

Tabla 3.2. Producción de heces (Ph kg.cab⁻¹.d⁻¹), digestibilidad de la dieta (DIV %) y consumo total de materia seca (CMS kg.cab⁻¹.d⁻¹ y CMS % PV) por tratamiento. Media y error estándar (EE) de la media.

Variables	Control		Suplementado		P<Valor
	Media	EE	Media	EE	
Ph (kg)	1504,98 a	103,13	1547,15 a	98,27	0,77
DIV (%)	52,97 b	1,30	57,69 a	1,23	0,02
CMS (kg)	3,21 a	0,28	3,70 a	0,27	0,23
CMS (%)	2,76 a	0,23	2,99 a	0,22	0,49

Letras distintas en la fila indican diferencias significativas $P<0,05$.

No se registraron diferencias estadísticamente significativas para PI y PF entre el TS y el TC (Tabla 3.3). sin embargo es de destacar que existió una tendencia de mayor PF á favor de TS. En relación con la GDPV a los 21 días tampoco se observó estadísticamente significativas y similar al PF existio una tendencia de mayor ganancia diaria en TS (+ 120 g GDPV promedio, Tabla 3.3).

Peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia media diaria de peso vivo (GDPV), en kg.cab⁻¹.

Variables		Control		Suplementado		P<Valor
		Media	EE	Media	EE	
Desempeño Animal	Días					
PI (kg.cab ⁻¹)	0	113,55 a	2,92	119,1 a	2,77	0,18
PF (kg.cab ⁻¹)	21	120,66 a	2,79	128,1 a	2,65	0,07
GDPV (kg)	21	0,284 a	0,04	0,404 a	0,04	0,08

Letras distintas en la fila indican diferencias significativas P<0,05.

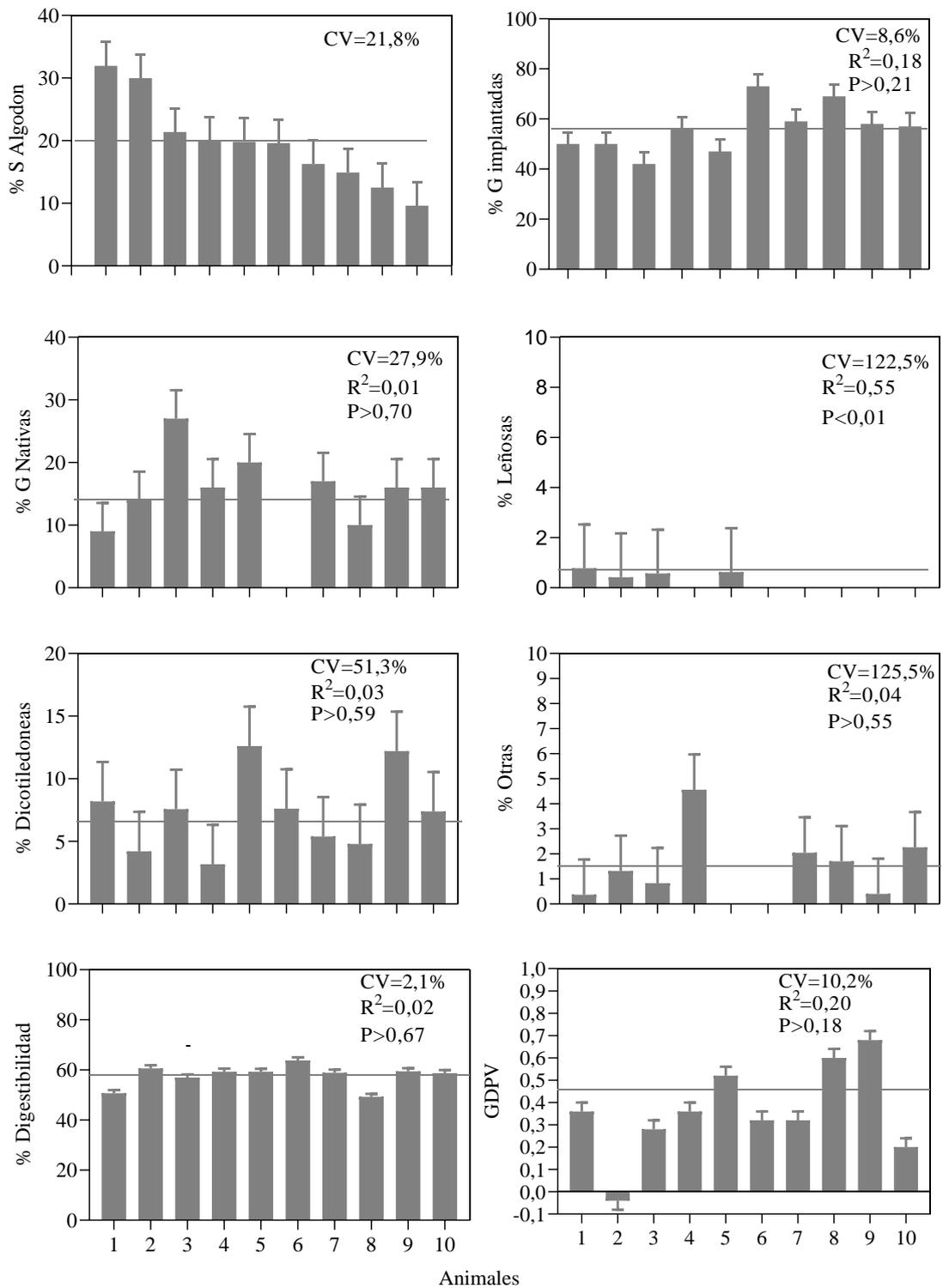


Figura 3.4. Tratamiento suplementado: Coeficiente de variación (CV) entre el suplemento (SA) de las especies intervinientes en la dieta por animal expresados en %. Gramíneas implantadas (GI), gramíneas nativas (GN), leñosas (LE), dicotiledóneas (DI), otras especies (OT), CV de la digestibilidad ponderada de la dieta (DIV) por animal en % y de la ganancia de peso vivo (GDPV) por animal en kg.

El CV del consumo observado para SA fue 21,8% con variaciones entre animales que oscilan entre 9,6% a 31,9% en la dieta. Los mayores CV fueron observados para OT 125,5% y LE 122,5% con animales que no registraron consumo alguno de ambas especies durante todo el experimento. Los menores CV se encontraron para la digestibilidad ponderada de la dieta de cada animal (2,1%), con individuos que registraron un mínimo valor de 49,2% y un máximo de 63,8%. Para GI el CV en el consumo fue 8,6% representando valores máximos y mínimos de 73% y 42%, respectivamente (Figura 3.4). En el caso de GN se observó una mayor variación entre animales, donde se registró un animal que consumió un 27% de su dieta y otro que no registro consumo alguno. Para la variable GDPV el CV fue 10,2%, encontrándose un animal que perdió peso -0,040 kg por día y otro que gano 0,680 kg por día. No fueron observadas correlaciones significativas entre SA y la mayoría de los componentes de la dieta (GI, GN, DI, OT y DIV). Sin embargo, se registró una correlación moderada entre SA y LE ($R^2=0,55$ y $P<0,01$). La correlación entre SA y GDPV fue baja. (Figura 3.4).

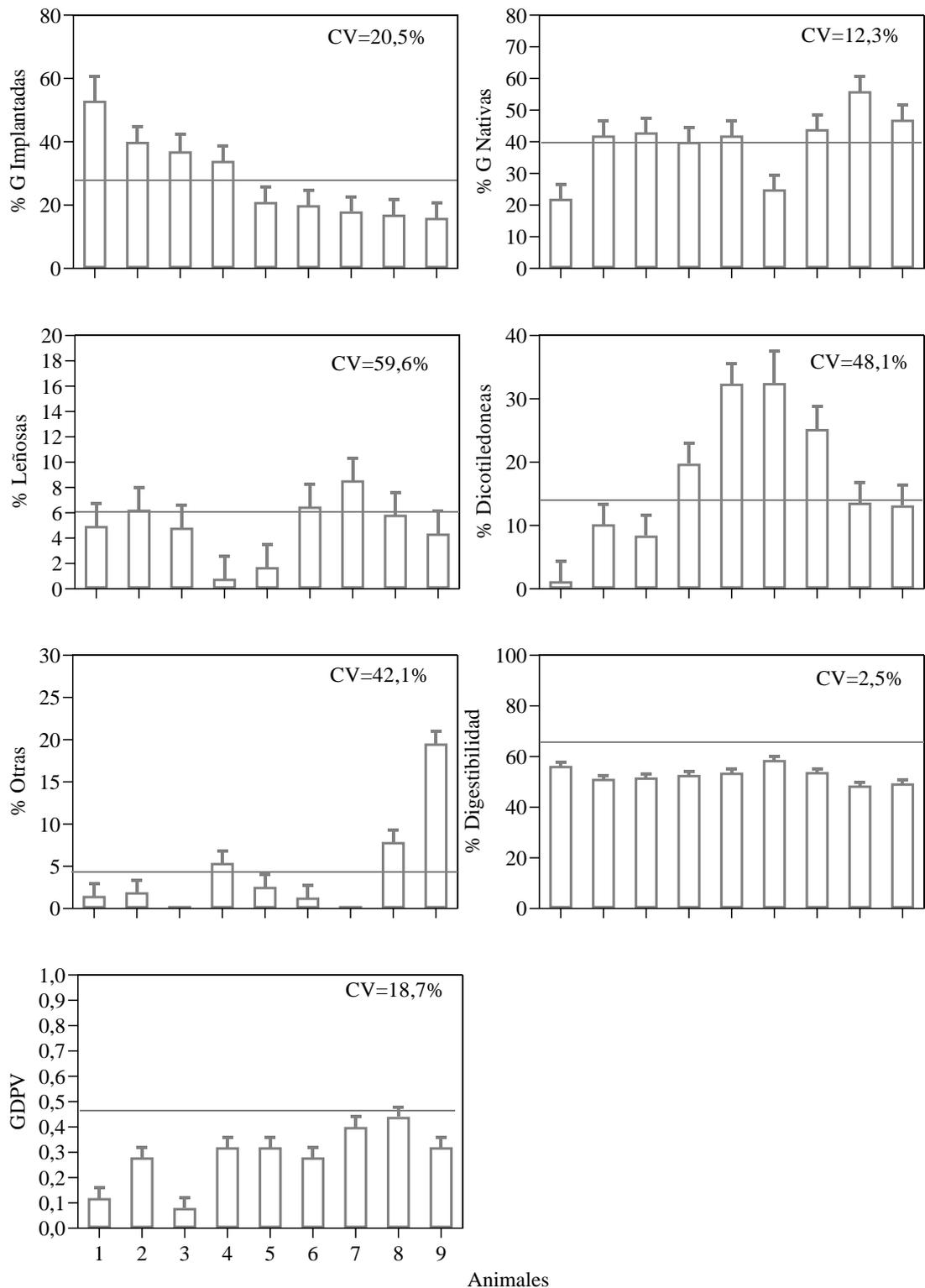


Figura 3.5. Tratamiento control: Coeficiente de variación (CV) del consumo de especies intervinientes en la dieta por animal en (%) de gramíneas implantadas (GI), gramíneas nativas (GN), leñosas (LE), dicotiledóneas (DI), otras especies (OT). CVde la digestibilidad (DIV) poneraada de la dieta por animal en % y de la ganancia de peso vivo (GDPV) por animal en kg.

Se observa para GI que el CV es mayor que para GN. Para LE el CV fue 59,6%, habiendo un animal que consumió el 8,6% y otro 0,8 %, la variación en el consumo de estas especies entre animales fue alta, observándose lo mismo en el grupo DI. En el grupo de OT el CV fue 42,1%, con un consumo de 0% en (2 animales) a 19,6 % en (1 animal). Con respecto a la DIV promedio de la dieta total el CV fue 2,5% no existiendo grandes variaciones entre animales y por último en la GDPV el CV fue 18,7% siendo el máximo de 0,440 kg y un mínimo de 0,080 kg encontrándose mayor variación entre animales (Figura 3.5).

Tabla 3.4. Matriz de correlación de Pearson entre los animales de ambos tratamientos con las siguientes variables: Semilla de Algodón (SA) en porcentaje (%), Peso inicial en kg (PI), ganancia media diaria de peso vivo a los 21 días (GDPV 21) en kg*cab-1, la digestibilidad de la dieta (DIV) expresado en porcentaje (%) y el consumo de materia seca (CMS) expresados en kilogramos y porcentaje del peso vivo.

	SA	PI	GDPV 21	DIV %	CMS kg	CMS %
SA	1,000	0,298	0,469	0,434	0,249	0,125
PI	0,216	1,000	-0,109	-0,018	-0,386	-0,558
GDPV 21	0,050	0,780	1,000	0,073	0,461	0,380
DIV %	0,063	0,963	0,852	1,000	0,501	0,463
CMS kg	0,305	0,304	0,212	0,170	1,000	0,979**
CMS %	0,610	0,236	0,173	0,561	<0,001	1,000

P<0,01**

El suplemento SA, no se correlacionó significativamente con las variables PI, CMS en kg y CMS % ($P>0.05$). Con respecto a las variables GDPV 21 y DIV % se observó una correlación positiva con SA con coeficientes superiores a los otros parámetros evaluados sin encontrarse diferencias estadísticas (Tabla 3.4; $r=0.469$ $P=0,050$ y $r=0.439$ $P=0,063$). Por último existió una correlación significativa entre el CMS en kg y el CMS en % del peso vivo, ($r=0.979$; $P<0.01$), (Tabla 3.4).

Discusión

El propósito del experimento I fue determinar el consumo de materia seca total y desempeño de los animales, en un sistema de oferta de forraje diversa como presentan los sistemas silvopastoriles en un bosque nativo, entre dos tratamientos, TS y TC. Se hipotetizó que el TS obtendría un mayor CMS y GDPV, lo cual se rechaza a la luz de los resultados obtenidos (hipótesis 1 y 2). El presente trabajo encontró que hay un aumento del consumo de SA a medida que transcurren los días de pastoreo, como reportaron Salado y Fumagalli (2003) pero no determinaron un aumento del CMS de la dieta total. También se muestran resultados que indicarían que la suplementación no tuvo efecto sobre el CMS y GDPV, difiriendo con los resultados de numerosos autores (Minson, 1990; Del Curto *et al*, 1990 a; Sampedro, 1998; Balbuena, 1998; Kucseva, 2001; Slanac *et al*, 2007; Saravia Sánchez *et al*, 2017). Esto podría deberse a las interacciones entre la oferta variada de forraje que aporta un sistema silvopastoril, con respecto al de suplemento y a la duración del periodo experimental (corto = 21 días) y al n de animales que fue bajo (n=19) coincidiendo con (Scarpa, 2007; Balbuena *et al*, 2002 y Coppo y Coppo, 2000). Los resultados del presente estudio podrían tener implicancias en el manejo nutricional de sistemas de ganadería con bosques en relación a la respuesta animal esperada basado en el tipo y cantidad de suplemento ofrecido, la variabilidad temporal e individual del consumo de alimento y estratos forrajeros que componen la dieta base.

Con relación a la cantidad y calidad del forraje y consumo de suplemento a través del tiempo de experimentación, los resultados muestran como el consumo del suplemento aumentó linealmente a medida que transcurrieron los días de pastoreo en la parcela asignada. Estos resultados tuvieron directa relación con la disminución de la oferta de forraje a medida que transcurre el experimento. A mayor disponibilidad y calidad del forraje durante los primeros días del ensayo, el consumo del suplemento fue menor en concordancia con los resultados reportados por (Salado y Fumagalli, 2003) en un ensayo de novillos suplementados con semilla de algodón, pastoreando *Megathyrus maximus cv. GattonPanic*. Otros estudios (Phillips, 1988; Stockdale, 1999b) coinciden que a menor asignación de forraje aumenta la tasa de sustitución del suplemento. En la presente experiencia no fue utilizado ningún aditivo o saborizante, como por ejemplo melaza. Por consiguiente, se descartaría la hipótesis de que los resultados pudieran haber sido afectados por un aumento de la palatabilidad y por ende un aumento consumo de suplemento a través del tiempo. Como

se observó, la cantidad y calidad de forraje tienen efectos positivos en un sistema silvopastoril. Se sugieren más estudios relacionados al consumo y las interacciones con el suplemento en estos sistemas complejos.

Como menciona (Minson, 1990), la calidad y cantidad de nutrientes que aporta el forraje ingerido por el ganado guarda íntima relación con la especie forrajera utilizada siendo un factor determinante de la productividad animal. De este modo, si la cantidad de forraje disponible no limita el consumo, será la calidad o el valor nutritivo el que determinará el desempeño productivo (Mathis *et al*, 1999). Como argumenta (Mott, 1959), la calidad de los forrajes representa la respuesta animal a la ingestión de los mismos y, en concordancia con este concepto (Minson y Wilson, 1994), encontraron que el CMS del forraje se correlaciona con al menos 24 atributos químicos o físicos. De todos los nutrientes que podría ofrecer el forraje, el más importante es el nitrógeno proteico y el no proteico. En el presente estudio, las GI y GN presentan promedios inferiores de PB a otras especies intervinientes en la dieta TA, AT, AL, DI. La composición química per se de las especies que conforman la dieta brindan limitada información que pueda ser utilizada para predecir el desempeño animal. Si el consumo sólo estuviese influenciado por la composición química de la dieta, los animales del presente experimento sólo hubiesen consumido dicotiledóneas y leñosas que presentan mayor PB y DIV que GI y GN. La interacción planta-animal puede estar influenciada por la arquitectura y estructura de la planta (ej: relación hoja/tallo), palatabilidad, espinas, compuestos secundarios y escala espacial que, entre otros factores, determinan la preferencia del animal (Scogings *et al*, 2004; Skarpe *et al*, 2007).

En relación al efecto de la suplementación proteica y energética-proteica, numerosos autores coinciden en que aumenta el CMS del forraje de baja calidad (Minson, 1990; Del Curto *et al*, 1990 a; McCollum y Galyean, 1985; Mathis *et al*, 1999; Chaparro, 1998; Sampedro, 1998; Balbuena, 1998; Salado y Fumagalli, 2003; Kucseva, 2001; Slanac *et al*, 2007; Saravia Sánchez *et al*, 2017; Campling, 1970; Kartchner, 1981). Los resultados de este trabajo difieren al de los autores antes mencionados sin encontrar diferencias estadísticas entre los tratamientos. Esto podría deberse a factores como las condiciones de una oferta de forraje polifítica variada en cantidad, calidad de especies y estratos y, además, a las características químicas del suplemento, caracterizada en la fracción energética por su composición de lípidos. En un trabajo con novillos durante 21 días, (Balbuena *et al*, 2002) utilizó Cr₂O₃ como marcador externo para estimar el consumo ofreciendo niveles crecientes de semilla de algodón

en una dieta a base de heno de baja calidad (4,4% de PB). La inclusión del suplemento disminuyó la degradabilidad del heno y no encontraron diferencias estadísticas en el CMS entre los tratamientos, concluyendo que estos resultados podrían deberse a el corto tiempo del experimento y a los niveles elevados de lípidos provistas por la suplementación. En otro trabajo, (Kucseva *et al*, 2004) utilizó una recría invernal de terneras consumiendo pasto estrella con un 3,2% PB y 68% FDN en confinamiento por 21 días y suplementadas con una mezcla de expeler de afrechillo de trigo, expeler de soja, sorgo molido y granos de soja ofrecido al 1% de PV. Dicho estudio no reportó diferencias estadísticas entre tratamientos suplementado y control en el CMS de heno, pero si se reportaron diferencias en el CMS total. Estos resultados podrían contribuir a explicar los hallazgos del presente estudio ya que un aumento del consumo de SA podría producir una menor degradación ruminal de la fibra, debido a que, al fragmentarse la semilla durante la ingestión y la rumia, queda disponible en el rumen el aceite para su hidrólisis y biohidrogenación (Balbuena *et al*, 2002). Sin embargo, la mayoría de los estudios mencionados en el presente capítulo fueron realizados en confinamiento o pastoreo de especies monofíticas. No fueron encontrados antecedentes similares en sistemas silvopastoriles en bosques nativos como el presente experimento.

En el presente estudio no se observaron diferencias en GDPV entre los tratamientos a los 21 días. Sin embargo, existió una tendencia de incremento a favor del tratamiento suplementado (+120 g de GDPV), coincidiendo en este sentido con lo reportado por Balbuena *et al*, (2002) donde se obtuvieron 350 y 450 g de GDPV con SA en vaquillonas de recría al 0,7% PV. (Slanac *et al*, 2007) reportaron que el tratamiento control obtuvo una GDPV de 223 g comparado a los 379 g, 459 g y 460 g, de los tratamientos suplementados con expeler de algodón, suministrados en distintos niveles y consumiendo una pastura diferida con 8% PB. En otro estudio (Navamuel *et al*, 2002) también encontraron diferencias en las GDPV, (230 vs 131 g del suplementado vs el control respectivamente). De manera similar, (Ferrando *et al*, 2000) encontraron diferencias a favor del tratamiento suplementado con SA y maíz cuya GDPV fue 546 g en relación a los 71 g del tratamiento control en vaquillonas pastoreando Buffel grass en invierno-primavera. En este caso se diferencia de este experimento porque se agregó una fuente energética como Maíz, el cual pudo haber provocado las diferencias entre los tratamientos. Otros autores (Salado *et al*, 2004) ensayaron con terneras de destete pastoreando pasturas megatérmicas diferidas y una suplementación con SA al 0,7% PV. Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre

tratamientos cuyo promedio fue 425 g vs 190 g GDPV del suplementado vs control durante 70 días. Comparando estos datos con el presente estudio, y considerando que el periodo experimental fue menor (21 días), se encontró una similitud con el promedio de GDPV del tratamiento suplementado: 404g no así con el control que fue superior: 284g. Las diferencias observadas entre los resultados obtenidos en este experimento para el TC y en comparación a trabajo citados podría deberse a que la dieta no es variada en especies (pasturas monofíticas) como se mencionó anteriormente para el CMS. Esto se ve reflejado en un trabajo con terneras de destete y suplementación energética-proteica donde se compararon las GDPV en una pastura natural y una pastura de Buffel grass, ambas diferidas durante 150 días, siendo la GDPV de 360g en pasturas naturales vs 230g en Buffel Grass (Ávila y Ferrando, 2016). Se evidencia que ante una oferta variada de especies los animales tienen posibilidades de integrar una dieta que les permitiría perder menos peso durante la estación seca.

El factor tiempo en relación al efecto de la suplementación con SA y su efecto sobre CMS y GDPV son relevantes como mencionó (Coppo y Coppo 2000) en un trabajo con terneros de destete y dos tratamientos, uno suplementado al 1% PV con SA y el control no suplementado consumiendo una pastura natural diferida otoño-inviernal durante 153 días. Dicho autor reportó 598 g GDPV para animales suplementados y 347 g para el control, existiendo diferencias entre tratamientos, las cuales comenzaron a ser significativas a partir del tercer mes de suplementación. En otro ensayo (Parraga Casallas, 2008), utilizó ovinos en pastoreo durante 90 días y pesadas cada 15 días con 3 tratamientos, (control y dos niveles de suplementación con SA), concluyendo que los aumentos de peso al comienzo del experimento fueron constantes, pero a partir del día 45 los pesos de los diferentes grupos comenzaron a tener variaciones significativas, destacándose principalmente la dieta con el menor nivel de suplemento. En otro trabajo, Oviedo *et al*, (2011) analizaron los efectos de la suplementación energético proteica con SA y melaza sobre GDPV durante 84 días, realizando pesadas cada 14 días con terneras destete doble propósito sobre las pasturas megatérmicas *Dychanthium aristatum* y *Brachiaria arrecta*. Los resultados de GDPV fueron 484 g para el suplementado y 386 g para el control existiendo diferencias estadísticas, para la interacción tratamiento y tiempo transcurrido. El periodo transcurrido desde el comienzo de la suplementación es otro factor a tener en consideración al momento de detectar efectos positivos o negativos de la

suplementación con SA en pasturas megatérmicas de baja calidad sobre el CMS y la GDPV de los animales.

En función al consumo de especies y del suplemento se pueden observar variaciones entre animales a pesar de haber sido suministrado la misma proporción por animal por día. Dicha variación en la ingesta del suplemento podría deberse a la falta de acceso a comederos individuales. Además, dicha respuesta podría estar impulsada por interacciones entre la calidad y cantidad del alimento base disponible, composición del suplemento y características del animal (Imaz *et al*, 2020). Con relación al consumo de GI no hubo variaciones entre animales a diferencia de las GN donde si se observa una mayor variación, quizás debido a su mayor proporción de fibra y menor DIV con relación al GI. Como describen (Wilson y Kennedy, 1996), los bovinos pueden evitar tallos duros debido a que estos reducen la tasa de consumo ya que requieren mayor masticación, rumia, tienen una menor tasa de pasaje y una menor concentración de nutrientes digestibles. Esto podría suceder en el caso de GN, que al igual que GI, no muestran correlación con el consumo de suplemento. El mayor consumo de GI con relación a GN se explicaría por presentar parches con mayor disponibilidad dentro del potrero, lo cual concuerda con (Demment y Laca, 1993), donde los animales usualmente prefirieron áreas de la parcela de pastoreo que ofrecen una mayor tasa de consumo. Para el caso de LE sucede lo contrario a pesar de que tienen niveles superiores de PB y DIV. Esto podría deberse a que la altura, densidad, cobertura, distribución espacial y espinas, compuestos secundarios presentes en el ambiente de pastoreo que afectan negativamente la búsqueda, y posiblemente el consumo de LE. Como mencionan (Gordon y Benvenuti, 2006) esto influiría en la capacidad de cosecha de los animales como el área de bocado, profundidad, tiempo de aprehensión generando un mayor gasto que no se justificaría el consumo de LE cuando existe otra fuente de suplementación disponible. Teniendo en cuenta estos conceptos se observa que en el TC los animales intentaron compensar la falta de calidad de las gramíneas GI, GN y los bajos aporte de PB y energía con un mayor consumo de LE, OT y DI, observándose menores variaciones entre animales. Dichos resultados coinciden con Coates y Dixon (2007) donde comprobaron que, con la disminución de la disponibilidad o la disminución de la calidad de las hierbas y el pasto debido a la selección del pastoreo y las condiciones secas, el ramoneo contribuyó cada vez más a la ingesta. El comportamiento ingestivo animal descrito en el presente estudio se

encontraría influenciado por múltiples factores relacionados a la oferta e intrínsecos de cada animal.

Conclusiones

Se rechazan las hipótesis nulas (1 y 2). Concluyendo que el tratamiento de suplementación no afectó el consumo total de manera significativa. Sin embargo se observa una tendencia a favor de los animales suplementados, en la interacción y correlación entre el suplemento y las variables (GDPV) y la digestibilidad de la dieta (DIV %), a diferencia de los animales no suplementados. En relación al consumo de especies de los animales, entre los tratamientos:

Se concluye que el tratamiento suplementado tuvo un mayor consumo de especies gramíneas implantadas y nativas (GI y GN) y menor en leñosas, dicotiledóneas herbáceas y otras (LE, DI, OT), siendo inversamente proporcional en el tratamiento control.

Capítulo IV. Experimento II: Comportamientos ingestivo bovino

Introducción

El área explorada en pastoreo puede variar en respuesta a diferentes factores, algunos internos propios del animal, como tamaño corporal, edad, estado fisiológico, y externos como estación del año crecimiento o latencia y disponibilidad de forraje (Bailey *et al*, 2004). Además, el área explorada tiende a incrementarse con el tamaño corporal del animal, ya que animales de mayor talla corporal, por lo general presentan mayores niveles de consumo y requerimientos (Aharoni *et al*, 2009; Díaz Falú *et al*, 2014). En el mismo sentido, (Howery *et al*, 1996 y Fraser, 2004) mencionan que vacas adultas recorren mayores superficies que terneras más jóvenes. Según (Hulbert *et al*, 1998) una parte de la actividad de alimentación tiene lugar no sólo de día, sino también durante la noche. Sumado a la heterogeneidad espacial y diversidad de especies presentes en el sitio de este experimento, se decidió utilizar, la tecnología del sistema de posicionamiento global (Collares GPS) que puede proporcionar una solución adecuada, ya que permite el monitoreo ininterrumpido a largo plazo de los animales en pastoreo a bajo costo (Ormaechea *et al*, 2012).

La disponibilidad y calidad del forraje son factores importantes que influyen en la distancia diaria recorrida (Harris *et al*, 2001). En este sentido, (Vallentine, 1990) menciona que cuando el alimento y la distancia a la fuente de agua están alejados uno de otro, la distancia diaria recorrida por los animales tiende a aumentar. El ganado tiende a dedicar más tiempo a zonas con mayor abundancia de forraje, moviéndose más lentamente en estos sitios (Laca *et al*, 1994). En este sentido, el tamaño del potrero y el sistema de pastoreo tienen un efecto importante sobre la distancia diaria recorrida, los animales tienden a recorrer menores distancias en potreros pequeños que en grandes y en sistemas de pastoreo rotativos que en continuos (Bailey *et al*, 2004). Si el animal no puede elegir, ya sea por alta presión o largos períodos de pastoreo, aún las especies poco preferidas podrían ser consumidas y aceptadas. Numerosos estudios muestran que los animales en pastoreo seleccionan consistentemente forraje de mayor calidad que el que se les ofrece (Holechek *et al*, 1982). Si bien los animales habitualmente seleccionan especies, o partes de plantas con mayor valor nutritivo que el promedio general ofrecido (Howery *et al*, 1998), este único comportamiento no determina la selectividad animal (Arnold y Dudzinski, 1978). Es por ello que en este experimento se decidió utilizar el índice de selectividad de Ivlev (Jacobs, 1974; Krebs, 1989) y la técnica de

microhistología de heces (Sparks y Malechek, 1968, Hansen *et al*, 1977; Holechek *et al*, 1982b) que es ampliamente utilizada para comprender la dieta de los animales, sin embargo, no explicaría el consumo en su totalidad (Rimieri, 1985).

La selectividad de los animales por diferentes especies, es uno de los componentes más importantes de la producción de rumiantes, consumiendo pasturas multiespecíficas o campo natural en zonas áridas o semiáridas (Stritzler *et al*, 1995). Dicha selectividad, es producto del comportamiento ingestivo y determina la calidad de la dieta, el consumo y la respuesta animal de bovinos en pastoreo (Hodgson *et al*, 1994). Características como la altura, la densidad, la composición botánica del dosel y la disposición espacial de las distintas fracciones consumibles, a nivel de planta individual y parcela de pastoreo, afectan la ingestión y digestión de las plantas forrajeras por parte de animales herbívoros (Sollenberger y Burns, 2001). Esto podría ser aun mas acentuado para los sistemas silvopastoriles en bosque nativo, que aportan una oferta variada en especies forrajeras con características contrastantes tanto en cantidad, calidad y disposición espacial, haciendo más compleja la herbivoría (Scarpa, 2007). Además de los factores mencionados, podemos agregar el efecto de la suplementación que podría intervenir, en la selectividad de los animales a pastoreo como mencionan distintos autores (Salado y Fumagalli, 2003; Phillips, 1988; Stockdale, 1999b). Estos autores concluyen que, dependiendo de la especie y oferta de forraje puede haber efecto de adición, aumentando el CMS y la selección de megatérmicas de baja calidad o sustitución a medida que disminuye la oferta de las mismas.

El objetivo de este experimento fue determinar el comportamiento ingestivo de animales suplementados y no suplementados en función de la selectividad, el área explorada y la trayectoria de vaquillonas de recría en un sistema silvopastoril de la región Chaqueña Semiárida durante la estación seca.

Materiales y métodos

Estimación de la composición de la dieta (Micro histología)

Se utilizaron los mismos animales y tratamientos que en el experimento I. La composición botánica de la dieta se estimó a partir del análisis microhistológico tomando una alícuota de las muestras de heces (Sparks y Malechek, 1968, Hansen *et al*, 1977; Holechek *et al*, 1982b) para cada una de las 95 muestras obtenidas se hicieron 5 preparados

histológicos y se observaron 20 campos por preparado totalizando 100 campos por muestra (Microscopio OLYMPUS modelo: BX51TF). Se registró la frecuencia de cada especie individual en el campo de cada preparado. 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.

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:

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

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. Los fragmentos vegetales fueron identificados y cuantificados de acuerdo con los siguientes grupos botánicos: gramíneas implantadas (GI), gramíneas nativas (GN), dicotiledóneas no leñosas (DI), leñosas (TA, AT, AL) y semilla de algodón ofrecida como suplemento (SA) Ilustración 4.1.

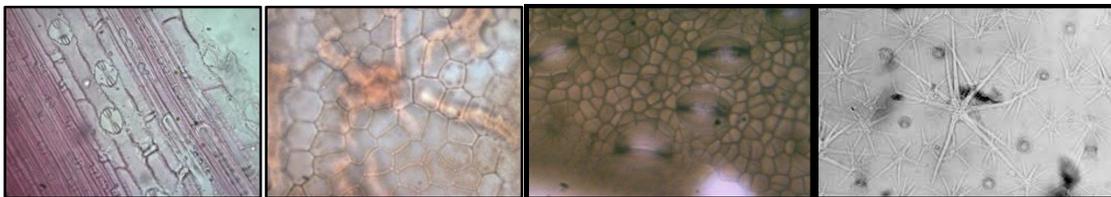


Ilustración 4.1. Identificación botánica de epidermis de fragmentos de muestras en heces de izquierda a derecha: (*Megathyrsus maximus* cv. *GattonPanic*, *Capparis* spp., *Prosopis* spp, *Wissadula densiflora*).

Muestreo de forraje y abundancia de especies

Para determinar la disponibilidad de forraje se utilizó el método de doble muestreo botanal (Jones y Hargreaves, 1979) (Ilustración 4.2). Fueron clasificados 5 patrones asociados a una disponibilidad creciente de forraje y luego se calculó el peso fresco de la biomasa forrajera de cada uno. Posteriormente, se realizaron observaciones visuales siguiendo 13 transeptos espaciados cada 20 m y utilizado un marco de 0,25 m² cada 10 m obteniendo así 169 estimaciones de la biomasa forrajera presente pertenecientes cada punto de la parcela en cuestión. Estos valores se correlacionaron con los 5 patrones iniciales utilizando una ecuación lineal generada con los patrones originales (Figura 4.1). De esta manera, previo al inicio del pastoreo la disponibilidad de forraje estimada a través de botanal fue 3638 ± 318 kg/MS para toda la parcela en cuestión. Del total, el 96,6% correspondió *Megathyrus maximus cv. Gatton Panic*, 2,03% a *Pennisetum ciliare cv. Texas* y 1,34% a *Trichloris crinita*, *T. pluriflora*, *Setaria leiantha*, *Gouinia latifolia*, *G. paraguayensis* y *Digitaria californica*. Luego del pastoreo de la parcela experimental, la biomasa forrajera disponible fue de 1553 ± 115 kg/MS, (Figura 3.3, capítulo III). También se geo referenciaron con un GPS geodésico (Trimble: PATHFINDER 85340.00, Made in U.S.A.) los parches de gramíneas implantadas y nativas (GI y GN) existentes en la parcela de pastoreo. (Ilustración 4.3).



Ilustración 4.2. Transecto y marco 0,25m² para determinación de biomasa forrajera herbácea (Botanal) y 1m² para determinación de abundancia de especies (Ivlev).

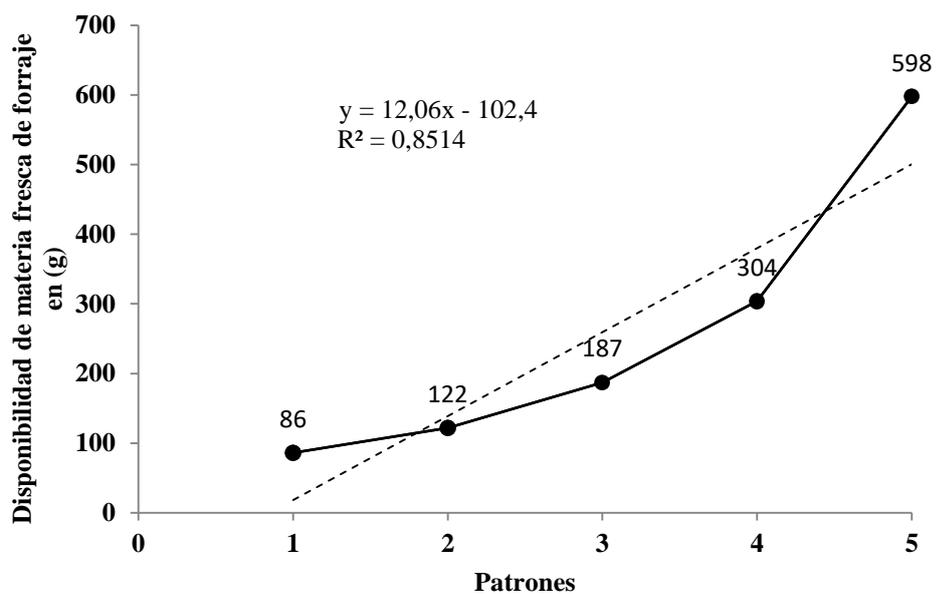


Figura 4.1. Curva de calibración de la disponibilidad de materia fresca de forraje en gramos (g) en función de 5 patrones, 13 transectos n=169 mediante la técnica de Botanal.



Ilustración 4.3. Identificación de parches de gramíneas implantadas (GI) *Megathyrsus maximus* cv. *GattonPanic* y *Pennisetum ciliare* cv. *Texas* y de gramíneas nativas (GN) *Trichloris crinita*, *T. pluriflora*.

Índice de selectividad de Ivlev

La selección por especies presentes en la dieta de los animales se determinó mediante el índice de Ivlev (Jacobs, 1974; Krebs, 1988) antes del inicio del pastoreo. Se realizaron

cuadrantes sistemáticos de 1m² según (Matteucci y Colma, 2002), sobre las transectas del Botanal registrándose 100 cuadrantes en total donde se observó el número de especie y la cobertura en porcentaje (%). El índice de selectividad se calculó en función de la siguiente fórmula (1):

$$IV_i = (r_i - n_i) / (r_i + n_i)$$

Donde:

r_i = porcentaje de frecuencia de la especie *i* en la dieta (microhistología de heces)

n_i = porcentaje de cobertura de la especie *i* en el area de estudio

Valores iguales a 1 indican selección de la especie (preferencia), mientras que valores iguales a -1 indican (rechazo), una magnitud cercana a cero indica que la especie es seleccionada de acuerdo a su abundancia en la pastura o sitio (Krebs, 1989).

Collares GPS

Para estudiar el movimiento de los animales se utilizaron 6 collares GPS, 3 en el tratamiento suplementado TS y 3 en el control TC. Cuatro collares estaban provistos de un geo posicionador satelital que consiste en plaquetas GPS ubicadas dentro de una caja estanco-plástica, cerrada herméticamente y dos collares restantes tenían una antena receptora fuera de la caja estanco (Ilustración 4.4) estos se distribuyeron 1 por tratamiento. Dicha plaqueta registró la localización de los animales a intervalos prefijados de tiempo (15 minutos), desde el día 7 al día 21 del período experimental registrándose un total de 14 días. No fue posible registrar todo el período experimental de 21 días debido a la autonomía de la batería. El peso aproximado de cada collar fue 620g y con una capacidad de 4095 registros. Los collares fueron fabricados por el laboratorio de agro electrónica dependiente del Instituto de Ingeniería Rural-INTA Castelar (Gorandi *et al*, 2016).



Ilustración 4.4 Collares de geo posicionamiento global (GPS) INTA.

Previo a la colocación de los collares GPS en los animales, se calculó el error cuadrático medio de las observaciones, colocándolos en puntos fijos dentro del lote durante 24hs (Ilustración 4.5) y fueron calibrados para que cada observación sea tomada cada 15 minutos. El error se calculó mediante la siguiente ecuación:



Ilustración 4.5. Colocación de los collares (GPS), en puntos fijos para calcular el error en metros de las observaciones.

$$RMS = \frac{1}{N_p} * \sum_{i=1}^{i=N_p} \frac{1}{No_i} * \sum_{j=1}^{j=No_i} \left[\sqrt{(X_i - Xo_{ij})^2} + \sqrt{(Y_i - Yo_{ij})^2} \right]$$

El error cuadrático medio del 99% de las observaciones fue menor a 9,10 metros.

Donde:

RMS es la raíz de la suma de los cuadrados, **Nt** el numero total de observaciones, **Np** número total de puntos de control (5), **No_i** número de observaciones del punto, **i** el indice de puntos de control, **j** el indice de las observaciones obtenidas con los collares GPS sobre los puntos, **X** a las coordenadas planas (Este, Oeste) e **Y** a las coordenada planas (Norte, Sur). Estos resultados son consistentes con otros trabajos (Turner; *et al*, 2000).

También se calculó el valor del radio de las elipces (Tabla 4.3 y Figura 4.4) que representan las posiciones medias de los animales con collares por tratamiento y por franja horaria con la siguiente ecuación:

$$Radio = \sqrt{Sxm^2} + \sqrt{Sym^2}$$

Donde:

Sxm = es el desvio estandar del eje x en metros

Sym = es el desvío estandar del eje y en metros

Para obtener la confirmación de las trayectorias de las distancias recorridas en metros por hora (Figura 4.5) por cada animal, los datos fueron transformados de coordenadas geográficas a coordenadas planas utilizando Python interface PROJ, (pyproj version 3.4.0). Con esta información se generó un archivo de formato shape, a partir del cual se exportó al software estadístico R (R Core Team, 2020). Se calcularon las distancias entre puntos sucesivos cada 15 minutos por animal, para cada día, en cada tratamiento. Para este análisis se sacaron los puntos relacionados con el trayecto del callejón, bebedero (único para ambos tratamientos) y corral donde se suplementó el TS siendo que estos movimientos no eran propios de los animales si no forzados, y el objetivo fue poner el foco sólo en las actividades relacionadas con el pastoreo dentro de la parcela de estudio.

Análisis estadístico

Para la selectividad el análisis de los datos se realizó como un diseño de regresión Beta (β), utilizando la prueba de Z para determinar el valor estadístico. Debido a que las variables aleatorias tienen un rango acotado (-1 a 1) se transformó la variable para usarla como variable dependiente, siguiendo el procedimiento de un modelo lineal generalizado simple. Se utilizó el paquete estadístico (R Core Team 2020) y el paquete ggplot2 versión 3.3.2 (Wickham *et al*, 2021), para las figuras. El modelo utilizado para el análisis de la varianza fue:

Transformación de la variable ij al intervalo (0 a 1)

$$t_{ij} = \frac{ij + 1}{2}$$
$$tS_{ij} = \frac{S_{ij} + 1}{2}$$

Donde t es la transformada, S la selectividad.

$$kL_{ij} = \frac{e^{tij}}{1 + e^{tij}}$$
$$rkL_{ij} = \frac{kLi_j - \bar{t}}{\sigma kL_i}$$

Donde las variables kL_{i_j} resulta de la aplicación de la función logarítmica desarrollada, quedando la ecuación del modelo:

$$P^{\wedge}(y) = \alpha + \text{Trat}_{\text{supl}} + \sigma$$

Donde $P^{\wedge}(y)$ es la probabilidad de la variable dependiente transformada, α intercepto que corresponde al control, $\text{Trat}_{\text{supl}}$ al efecto fijo que corresponde al tratamiento suplementado y σ al error experimental.

Para la trayectoria el análisis de los datos se realizó como un diseño de parcelas anidadas (parcela grande: Día y Noche, parcela chica: animal) siguiendo el procedimiento de un modelo lineal mixto. Se utilizó el paquete estadístico (R Core Team 2020), y para las figuras ggplot2 versión 3.3.2 (Wickham *et al*, 2021), El modelo utilizado para el análisis de la varianza fue:

$$(m/h)dMh_{ij} = \frac{\sum_{ij} \text{dist}_{ij}}{Dt_{ij}}$$

Donde dist es la suma de las distancias recorridas durante el día y la noche en metros (m), Dt el tiempo registrado durante el periodo (h) y dMh es la distancia media horaria.

$$\begin{aligned} \log(\widehat{dMh})_i &\sim N(\alpha_{j_i, k_i}, \sigma^2) \\ \alpha_j &\sim N(\gamma_0^\alpha + \gamma_1^\alpha(\text{trat}_s), \sigma_{\alpha_j}^2), * \text{ animal: diaNoche } j = 1, \dots, J \\ \alpha_k &\sim N(\mu_{\alpha_k}, \sigma_{\alpha_k}^2), * \text{ diaNoche } k = 1, \dots, K \end{aligned}$$

Dónde: N representa a la distribución normal, i al animal, α_j es el efecto anidado del tratamiento y la combinatoria de la parcela grande y la parcela chica, α_k es el efecto aleatorio de la parcela grande.

Resultados

La figura 4.2 muestra que GI fueron observadas en heces en el TS con una proporción del 56,14% y 28,31% para el TC, encontrándose diferencias estadísticas entre tratamientos

($P < 0,05$). En el caso de GN se observó una mayor aparición y consumo por parte del TC comparado con TS ($P < 0,05$). Para LE, su proporción fue mayor en el TC ($P < 0,05$) presentado valor inferior a GI y GN. Para DI, se observó una mayor aparición en heces en TC. Otras especies OT fueron encontradas en mayor proporción en TC.

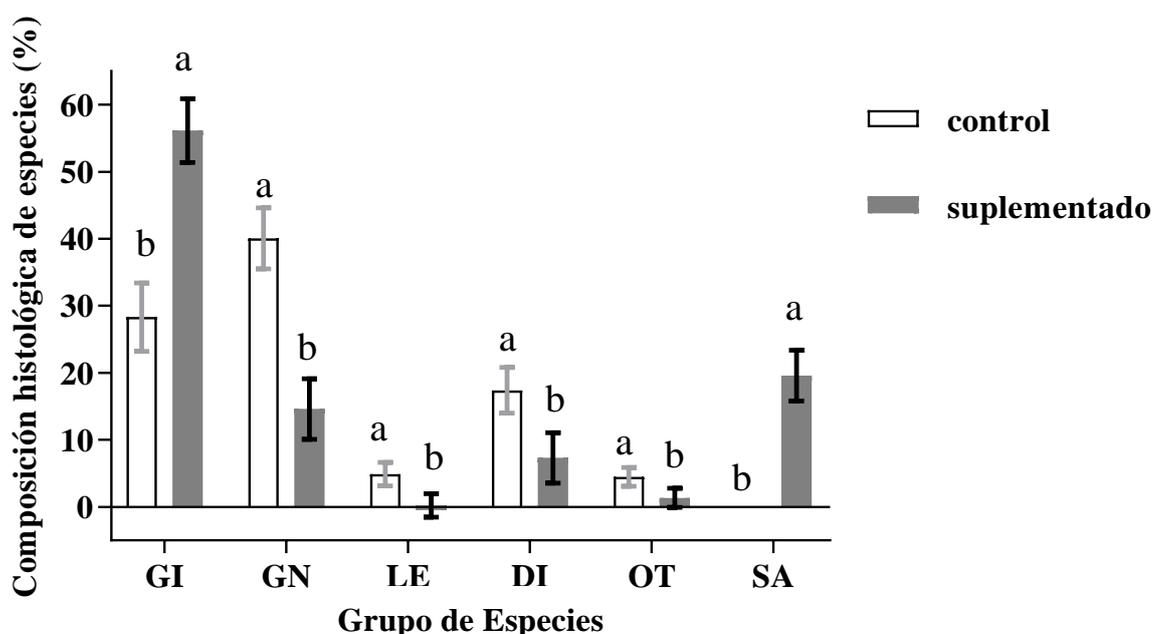


Figura 4.2. Composición histológica de la dieta en heces por tratamiento. (GI) Gramíneas Implantadas, (GN) Gramíneas Nativas, (LE) Leñosas, (DI) Dicotiledóneas, (OT) Otras, (SA) Semilla de Algodón. Letras diferentes muestran diferencias significativas ($P < 0,05$).

La figura 4.3 muestra que la selectividad de TC es cercana a cero para GI, lo cual indicaría que GI es seleccionada de acuerdo a la abundancia y observándose mayor variabilidad entre individuos. Por otro lado, para TS la selectividad es cercana a 0,5 lo que indicaría una mayor preferencia por GI y menor variabilidad entre individuos. Con relación a GN, TC y TS se comportan de forma similar mostrando una selectividad cercana a 1 y similar variación entre individuos. Para LE se observa mayor preferencia de TC (0,5) mientras TS tiende a la indiferencia (0,2). Para DI, TC muestra preferencia mientras que TS rechaza (-0,6).

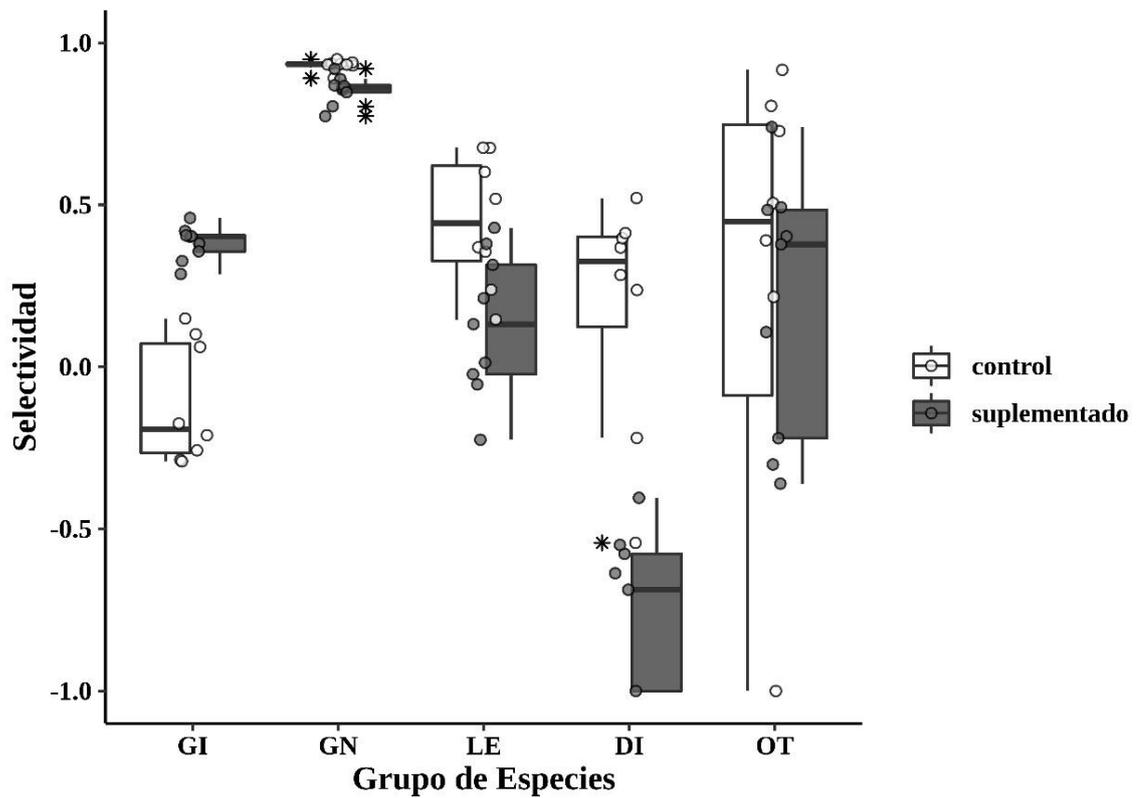


Figura 4.3. Selectividad de los animales de los tratamientos (control y suplementado) por grupos de especies. (GI) Gramíneas Implantadas, (GN) Gramíneas Nativas, (LE) Leñosas, (DI) Dicotiledóneas, (OT) Otras.

La Tabla 4.1 indica que la selectividad de GI está correlacionado negativamente a la selectividad de GN, DI y LE ($P < 0,05$). Esto indicaría que una mayor preferencia por GI por parte del ganado podría estar asociado a un menor consumo de GN, LE y DI.

Tabla 4.1. Matriz de correlación del coeficiente de Rho Spearman de la selectividad de los grupos de especies, (GI) gramíneas implantadas, (GN) gramíneas nativas, (LE) leñosas, (DI) dicotiledóneas, (OT) otras.

	GI	GN	LE	DI	OT
GI	1	-0,902*	-0,681*	-0,768*	-0,199
GN	-0,902*	1	0,485	0,755*	0,148
LE	-0,681*	0,485	1	0,678*	-0,166
DI	-0,768*	0,755*	0,678*	1	-0,207
OT	-0,199	0,148	-0,166	-0,166	1

* Significancia igual a $P < 0,05$

Se puede observar que el P valor de las interacciones entre TS y la selectividad media fue menor a $< 0,05$ en GI, GN, LE, y DI, lo cual no ocurrió en OT ($P = 0,99$, Tabla 4.2). Para TC se observó una asociación negativa con relación a GI y positiva para los otros grupos de especies GN, LE, DI, OT. Con relación al valor de la variancia de β (ϕ) afectó significativamente el tratamiento a la selectividad de todos los grupos de especies ($P < 0,05$).

Tabla 4.2. Significancia de los efectos de los tratamientos, control (TC), suplementado (TS) de las regresiones Beta (β) por grupos de especies, gramíneas implantadas (GI), gramíneas nativas (GN), leñosas (LE), dicotiledóneas (DI), otras (OT). Error estándar (E.E), Estadístico (prueba Z).

Especie	Tratamientos	Media	E.E.	Estadístico	P< Valor
GI	TC	-0,874	0,170	-5,141	0,001
GI	TS	1,651	0,233	7,093	0,001
GI	Precisión (ϕ)	19,568	6,572	2,978	0,003
GN	TC	0,721	0,224	3,217	0,001
GN	TS	-1,362	0,308	-4,419	0,001
GN	Precisión (ϕ)	10,075	3,316	3,038	0,002
LE	TC	0,553	0,267	2,067	0,039
LE	TS	-1,045	0,369	-2,832	0,005
LE	Precisión (ϕ)	6,329	2,033	3,113	0,002
DI	TC	0,819	0,196	4,172	0,001
DI	TS	-1,547	0,269	-5,743	0,001
DI	Precisión (ϕ)	14,024	4,671	3,002	0,030
OT	TC	0,003	0,313	0,009	0,993
OT	TS	-0,005	0,430	-0,012	0,991
OT	Precisión (ϕ)	3,950	1,217	3,246	0,001

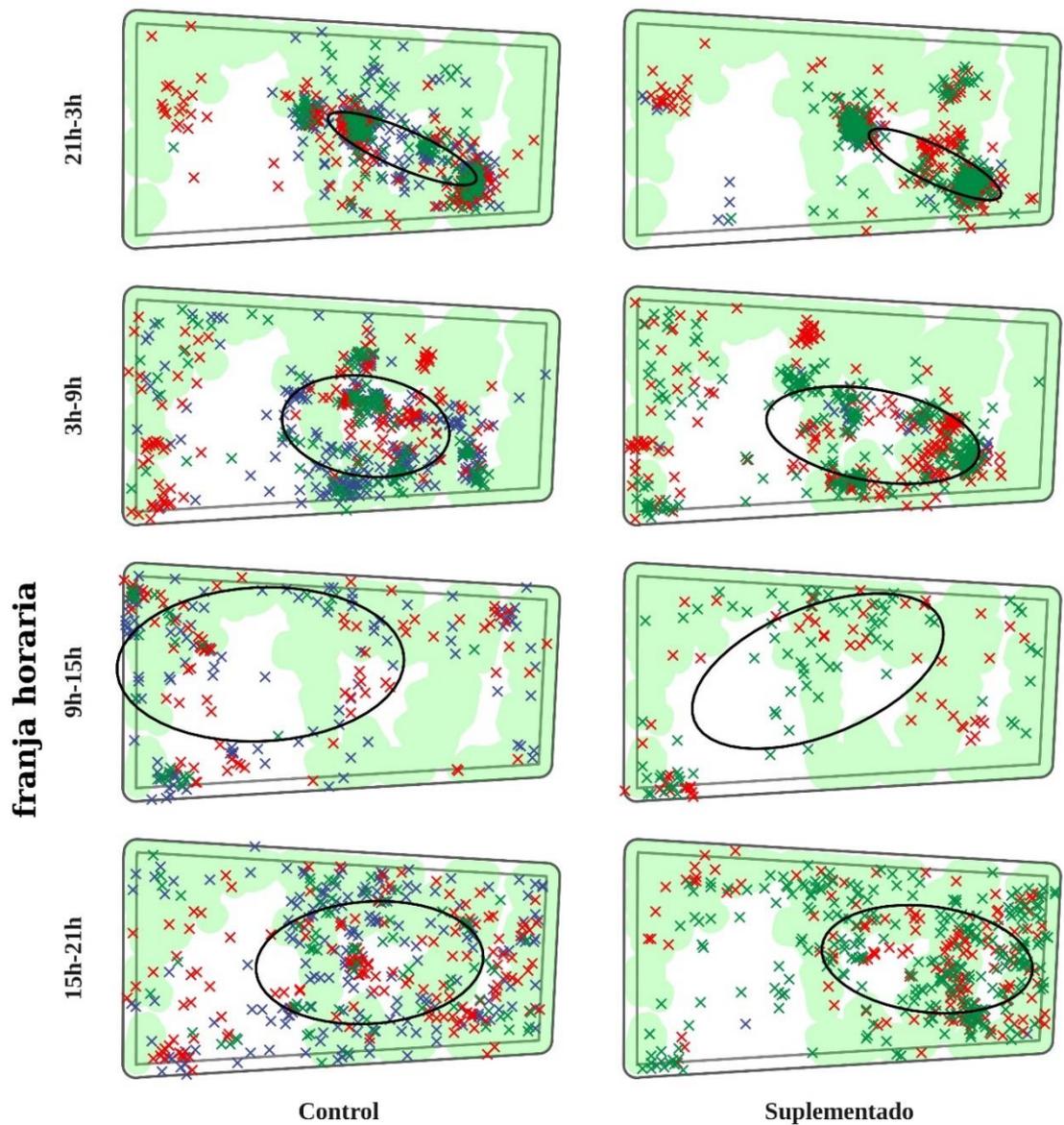
Significancia igual a $P < 0,05$

En la Tabla 4.3 y la Figura 4.4 se pueden observar los valores y posiciones medias de los radios de las elipses (m/an) para TC y TS durante las franjas horarias seleccionadas. Se observa que para la franja horaria nocturna comprendida entre las 21pm y 3am el radio

de las elipses es el más bajo para TC y TS en comparación a las demás franjas horarias. La franja comprendida entre 9 am y 15 pm mostro mayor actividad llegando al máximo radio en ambos tratamientos (102,59 m TC y 94,29 m TS). En la franja horaria de 9 am a 15 pm se vio reflejada una mayor actividad de caminata, exploración y pastoreo, para luego empezar a disminuir nuevamente hacia la franja horaria de la tarde noche 15 pm a 21 pm. Los resultados indican que los animales de ambos tratamientos mostraron una mayor actividad entre las 9 am a 21 pm.

Tabla 4.3. Valores medios de las elipses (radio) y desvío estándar (SD) de los ejes (x,y) expresados en metros (m) por franja horaria h) y por tratamientos TC (control) y TS (suplementado).

Franja horaria (h)	Tratamiento	SD x (m)	SD y (m)	Radio (m)
0	TC	49,63	24,40	55,30
0	TS	51,18	25,38	57,13
6	TC	61,88	33,47	70,35
6	TS	73,06	33,30	80,30
12	TC	90,72	47,91	102,59
12	TS	81,16	48,00	94,29
18	TC	74,68	39,22	84,35
18	TS	74,48	35,95	82,70



Tratamiento:Animal

- | | |
|---------|---------|
| × C:193 | × S:219 |
| × C:216 | × S:234 |
| × C:231 | × S:262 |

Figura 4.4. Distribución media de las observaciones acumuladas, de los animales con collares GPS por tratamientos C (control), S (suplementado) y franjas horarias durante el periodo experimental. Las elipses marcan la acumulación del 50% de las posiciones.

Tabla 4.4. Valores medios de las distancias recorridas diarias en metros (m) y promedios (X), de los animales por tratamientos (T), diurnas (D) y nocturnas (N), durante el periodo experimental en dos etapas, del día 8 al 15 y del 15 al 22.

		Media				Media			
D	T	(m)	T	(m)	N	T	Media (m)	T	Media (m)
8	C	509	S	507	9	C	185	S	72
9	C	707	S	652	10	C	256	S	s/d
10	C	861	S	935	11	C	82	S	62
11	C	826	S	607	12	C	243	S	133
12	C	550	S	669	13	C	342	S	66
13	C	1125	S	832	14	C	120	S	s/d
14	C	598	S	844	15	C	143	S	112
15	C	804	S	1159	16	C	92	S	74
\bar{X}	C	747	S	776		C	183	S	87
		Media				Media			
D	T	(m)	T	(m)	N	T	Media (m)	T	Media (m)
16	C	780	S	430	17	C	209	S	177
17	C	1079	S	499	18	C	99	S	115
18	C	698	S	783	19	C	79	S	121
19	C	1031	S	455	20	C	87	S	66
20	C	1074	S	977	21	C	154	S	81
21	C	487	S	781	22	C	204	S	170
22	C	196	S	231					
\bar{X}	C	763	S	594		C	137	S	122
Σ	C	1510	S	1370		C	320	S	209
Total	C	1830	S	1579					

En la Tabla 4.4 se observa que el promedio de la distancia recorrida diurna (D) entre los días 8 y 15 del experimento fueron de 747 m para TC y 776 m para TS mientras que la distancia recorrida nocturna (N) fue 183 m y 87 m para TC y TS, respectivamente. Además, durante el periodo comprendido entre los días 16 y 22 del experimento, las distancias recorridas (D) promedio fue de 763 m para el TC y 594 m para TS. Para las distancias recorridas (N) fueron de 137 m para el TC y 122 m para el TS, siendo estas últimas inferiores a las diurnas en concordancia con la primera etapa. Como resultado final la sumatoria de las medias D y N del todo el periodo experimental del TC fue 1830 m y el TS 1579 m.

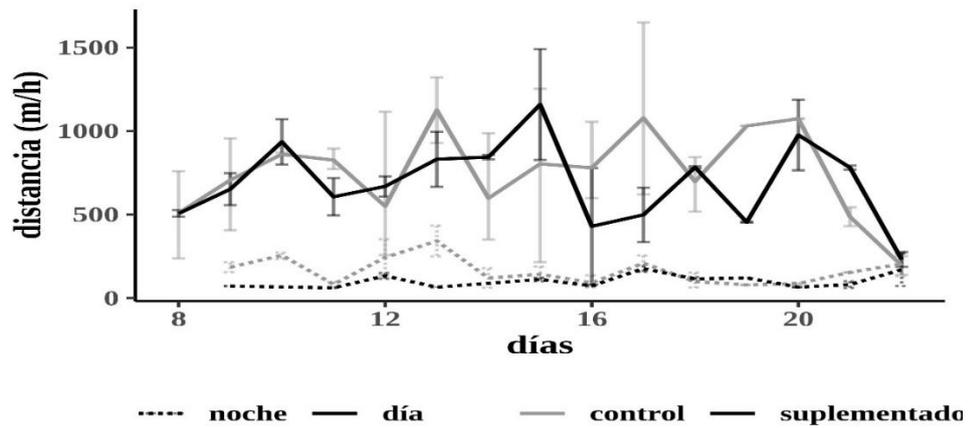


Figura 4.5. Distancia recorrida en metros por hora (m/h) y días por los animales de ambos tratamientos C (control) y S (suplementado) durante el día y la noche en el periodo experimental.

En la Figura 4.5 observamos el recorrido de los animales con collares GPS para TC y TS durante día y la noche. Se observa que para la noche la actividad se reduce no así durante el día, cuando la actividad de ambos tratamientos aumenta considerablemente con relación a la noche. Se puede observar que desde el día 8 al día 16 los tratamientos se comportan similares en cuanto a distancias recorridas (m/h). Además se puede ver que desde el día 16 hasta el día 20, TC tiene un mayor desplazamiento que TS; sin embargo, los valores de trayectoria total no se diferenciaron estadísticamente entre los tratamientos (Tabla 4.5, $P=0,308$).

Tabla 4.5. Significancia de los efectos del tratamiento en función a la trayectoria recorrida en metros por hora de los tratamientos durante el periodo experimental.

Variable	Control		Suplementado		P< Valor
	Media	E.E.	Media	E.E.	
Trayectoria (m/h)	2,66	0,09	-0,03	0,02	0,308

Significancia igual a $P<0,05$

Discusión

El propósito del presente experimento fue determinar el comportamiento ingestivo en términos de selectividad, posicionamiento y trayectoria de bovinos jóvenes con y sin

acceso a suplementación, durante la estación seca, en un sistema de oferta variada de forrajes como son los sistemas silvopastoriles. Se hipotetizó que los animales del TC presentarían una mayor proporción de especies no gramíneas en la dieta, siendo más seleccionadas y el área explorada sería mayor en el TC con relación al TS. Los resultados obtenidos en este experimento evidenciarían la aceptación de la hipótesis 3 debido a las diferencias estadísticas encontradas entre los tratamientos, observando que el TC intentó compensar la falta de calidad y cantidad de GI y GN con especies de los otros grupos como DI, OT y LE, (Miñon *et al*, 1991). Sin embargo, dichas diferencias no fueron observadas entre TC y TS para la variable de distancia recorrida, lo cual permite rechazar la hipótesis 4. Esto se debería a que los animales TS no necesitaban seleccionar especies de mayor calidad debido a que fueron suplementados (Di Marco, 2006) además de la reducida superficie de la parcela experimental que afectaría las distancias recorridas (Barnes *et al*, 2008).

En un trabajo realizado en la misma región por Miñon *et al*, (1991), determinaron que los vacunos se comportan como pastoreadores consumiendo principalmente gramíneas y latifoliadas (e.g. *Wissadula*) este grupo de especies empieza a tener importancia a partir de la estación seca cuando el valor nutritivo de las gramíneas empieza a caer. En concordancia con los resultados descritos por (Miñon *et al*, 1991), en el presente estudio de tesis, el grupo de gramíneas GI representó el mayor % de la dieta en ambos tratamientos, en segundo lugar GN y en tercer orden DI representado por *Wissadula*. Otros autores, como (Balmaceda y Diguini, 1983), estimaron la dieta de vacunos, ovinos, caprinos y camélidos utilizando la técnica de microhistología de heces en un ambiente árido y en un arbustal estépico de la provincia de Río Negro y luego de 12 meses de pastoreo determinaron que la categoría vacunos consumió un 73,3% de la dieta en base a gramíneas forrajeras. Estos resultados son los esperados cuando se trabaja con bovinos pastoreando praderas con dominancia de gramíneas, independientemente del ecosistema, como lo evidencian los resultados reportados por (Lyons *et al*, 2000). En ese trabajo se evaluó el pastoreo en pasturas nativas en Texas (USA), estos autores encontraron que la dieta de los bovinos estaban compuestas en su mayoría por gramíneas, coincidiendo con los resultados de esta tesis. Los niveles de ingesta de LE fueron bajos en general, quizás debido a la baja accesibilidad, a pesar de la composición química de las especies intervinientes que fueron superiores a la de las GI y GN (Capítulo III, tabla 3.1.). El hábito de pastoreo también se ve afectado por el tiempo de pastoreo o de permanencia en un lote o parcela. En este sentido (Coates y Dixon, 2007)

determinaron durante la estación seca en el Norte de Australia, que los pastizales representaban más del 50%. Estos autores observaron que la dieta y a medida que avanzaba el pastoreo y la estación seca, aumentaba el ramoneo de especies no gramíneas. En concordancia con (Coates y Dixon, 2007) los resultados del presente capítulo muestran, que los animales del TS aumentaron el consumo del SA a medida que aumentan los días de pastoreo y disminuye la oferta del forraje (Capítulo III, tabla 3.3), lo cual está en línea con lo reportado por (Salado y Fumagalli, 2003; Phillips, 1988; y Stockdale, 1999). En este sentido (Sawalhah *et al*, 2016 y Henking *et al*, 2012), postularon que el área explorada está influenciada por la disponibilidad de forraje y que ésta aumenta cuando la disponibilidad de forraje disminuye. Esto puede ser evidenciado en los resultados del presente experimento, dónde para las distancias recorridas diurnas en la primera etapa del periodo experimental, son similares entre tratamientos, luego en la segunda etapa TC aumento y TS disminuyó.

Teniendo en cuenta las conclusiones aportadas por (Graig, 1981), los resultados del presente capítulo indicarían que la oferta de suplemento afecta el comportamiento ingestivo y selectividad de especies en la dieta de TS. (Di Marco, 2006) coincidiendo con esto ha demostrado que la suplementación energético proteica en una pastura de baja calidad permitió a los animales ser menos selectivos en la cosecha del forraje. Esto puede tener un efecto positivo asociado a un menor costo energético del pastoreo. En su trabajo (Broom y Fraser, 2007) reportaron, que los animales pueden reconocer el valor energético de los alimentos y evaluar el costo energético de obtenerlos desde el punto de vista del comportamiento ingestivo. Es decir, que el animal puede adecuar el tiempo asignado de pastoreo en función de la cantidad de nutrientes que obtiene en cada evento de ingesta (Rook, 2000). En este mismo sentido (Bailey *et al*, 1989) postula que los cambios de estación, el valor nutritivo, las condiciones climáticas, la duración de la luz del día y la suplementación afectan los hábitos de pastoreo. En general, los animales al pastorear seleccionan material vegetal con una alta relación hoja/tallo, ya que las hojas poseen un valor nutritivo más alto (Davison, *et al*, 1985). Los resultados descritos por (Broom y Fraser, 2007) poseen similitudes con los resultados del presente experimento, donde se puede observar, que los animales del TS, seleccionaron las GI que le daban mayor cantidad a menor costo de pastoreo, distribuidas en parches homogéneos. De forma opuesta, LE y DI fueron indiferentes o evitadas, posiblemente debido al costo de cosecha que poseen estas especies, en función del costo energético que tiene obtenerlas por su distribución y arquitectura del

dosel. Sin embargo, TC pudo estar forzado a mejorar la calidad nutricional seleccionando más grupos de especies LE, DI y OT que presentaron mayor calidad nutricional que las GI y GN . En este sentido, (Velásquez *et al*, 2005) realizaron un estudio en Nicaragua y determinó que las gramíneas fueron las especies más importantes en la dieta de los bovinos, ya que fueron las especies dominantes en todos los tratamientos durante las dos épocas (seca y húmeda). En el caso de las especies herbáceas y leñosas, tienen un aporte diferencial en la dieta según la época, tomando las leñosas mayor relevancia en la dieta durante la época seca. Una gran cantidad de estudios, relacionados al comportamiento de las trayectorias de animales domésticos con collares GPS, fueron desarrollados en grandes áreas o superficies, con unidades de vegetación o sitios ecológicos bien diferenciados entre sí (Sheehy, 2007; Roacho-Estrada *et al*, 2008; Herrera Conegliano, 2018; Ormaechea y Peri, 2015; Ormaechea, *et al*, 2018). Esto, permitió analizar detalladamente las diferencias de comportamiento entre, razas, categorías, especies y épocas del año. En el caso del presente estudio, el área utilizada fue reducida siendo de 3,6 ha y la carga 5,3 cabezas por ha o 1,6 Ev/ha y un n de 6 collares GPS. Esta situación, podría explicar los resultados, donde se puede ver, que no hay diferencias estadísticas (Tabla 4.5 $P=0,308$) entre los tratamientos TS y TC, para la variable de trayectoria calculada en m/h recorridos, durante el periodo experimental. En este sentido, (Giner, 1988) observó al evaluar el comportamiento animal en épocas húmedas y secas de México, que el tiempo dedicado por los animales al desplazamiento, fue similar para ambas estaciones (alrededor de 30 a 45 min/día). Posiblemente este resultado, fue debido a que la parcela de estudio, era de 60 ha y con buena disponibilidad de forraje para ambas estaciones. Otros autores (Ormaechea *et al*, 2012) estudiaron el comportamiento espacial de vaquillonas con collares GPS en un sistema silvopastoril en Tierra del Fuego, Argentina. El experimento se realizó bajo dos manejos, uno intensivo usando pastoreo rotativo en parcelas chicas 5,5 ha y 6,5 ha y otro con manejo tradicional extensivo en un potrero de 495 ha. Como resultado se observó que, en el manejo intensivo presento un uso más integral del potrero siendo que el área explorada media del potrero alcanzaba el 90%. Por su parte, el uso extensivo solo utilizó el 20%, esto afirmaría los resultados antes mencionados en la (Tabla 4.5). Al ser un área pequeña no es posible encontrar diferencias en términos de trayectoria y exploración coincidiendo, estos resultados con diversos autores (Hart, *et al*, 1993; Barnes *et al*, 2008). Otro estudio realizado en el Norte de Australia (Queensland) con un régimen de precipitaciones de 600 mm/año y especies de gramíneas

como *Penisetum ciliaris*, (Tomkins y O' Reagain, 2007) observaron el comportamiento a través de la trayectoria, de vacas de raza Brahman con collares GPS. El ensayo se realizó en un potrero heterogéneo de pasturas, arbustos y árboles. El resultado mostró que el patrón de pastoreo corresponde a horas diurnas y no registrando actividad nocturna en coincidencia con los datos de esta tesis (Figura 4.5). Sin embargo, con relación a la actividad diurna, hay diferencias debido a la época del año en la que se realizaron ambos estudios. El trabajo de (Tomkins y O' Reagain, 2007) fue realizado durante la estación húmeda (verano) con altas temperaturas donde la actividad de pastoreo y búsqueda se concentró entre 6 am a 10 am. Mientras que la actividad de búsqueda, se vio reducida en horas de máximo calor de 11 am a 17 pm para luego reiniciar la actividad de pastoreo entre las 17 pm a 21 pm. En el mismo sentido, (Arnold, 1981) reportó que los principales periodos de pastoreo eran al amanecer y al final de la tarde durante el verano. También reportaron, que a medida que los días se hacían más cortos (otoño-invierno), los descansos entre pastoreos también disminuían. En el presente experimento, la mayor actividad de ambos tratamientos, se observó en la franja horaria de las 15 pm a 21 pm, (Figura 4.4) lo cual coincidiría con (Arnold, 1981). Para finalizar, en función de lo revisado con relación a la trayectoria y al geoposicionamiento de los animales, la superficie de la parcela experimental, es un condicionante para determinar diferencias entre los tratamientos.

Conclusiones

Se acepta la hipótesis nula (3). Concluyendo que la selectividad de los grupos de especies intervinientes en el sistema silvopastoril fue afectada por la suplementación. Dejando en evidencia la preferencia del TS por el grupo de especies GI y GN en contraposición al TC que buscó compensar la falta del suplemento con especies de mayor calidad.

Se rechaza la hipótesis nula (4). Concluyendo que a la superficie explorada y las distancias recorridas, no mostraron diferencias entre los tratamientos, esto podría deberse a factores discutidos anteriormente en este capítulo.

Capítulo V. Conclusiones generales

Teniendo en cuenta que es una realidad el avance de la frontera agropecuaria a zonas extra pampeanas, y que en la Región Chaqueña se encuentra la mayor superficie de bosques nativos del país, es sumamente relevante estudiar las interacciones existentes entre el ganado y las plantas forrajeras de diferentes especies que coexisten en los sistemas silvopastoriles. Esta información podría aportar para entender aspectos relacionados a la estabilidad, persistencia, resiliencia y sustentabilidad de los sistemas en estudio. A dichas interacciones hay que sumarle la suplementación estratégica con insumos externos al sistema, como fue el caso de la presente tesis. Si bien la mayoría de los trabajos consultados muestran evidencias del efecto positivo en el consumo de materia seca, en esta tesis no se obtuvieron dichos resultados, evidenciando que el efecto de la suplementación se podría observar a partir de un determinado tiempo, que para el suplemento utilizado (semilla de algodón) la bibliografía consultada expresa que dicho efecto se produce a partir de un periodo mayor al utilizado en esta tesis.

Con relación a la selectividad y comportamiento ingestivo, el uso de la suplementación demuestra una asociación positiva con las gramíneas, promoviendo el consumo de las mismas e influyendo negativamente en la ingesta de especies leñosas, dicotiledóneas no leñosas y otras especies no reconocidas mediante la técnica utilizada. Este comportamiento ingestivo diferencial es de gran relevancia debido a que podríamos estar protegiendo la regeneración del sotobosque de algunas especies preferidas o seleccionadas.

Para las variables de comportamiento ingestivo, en particular área explorada y trayectoria, se concluye que a mayor superficie y menor cobertura arbórea la información provista por los collares GPS sería más precisa. De esta manera se podría detectar con mayor precisión dentro de las áreas exploradas por los animales sitios ecológicos diferentes, como describen los trabajos consultados. Por otro lado, la eficiencia de los collares GPS no fue la esperada lo que podría deberse a factores de diseño de los mismos (antena). Cuatro collares tenían la antena dentro de la caja estanco (Ilustración 4.4) siendo los que menos datos generaron por día con relación a los otros dos collares que poseían la antena externa. Sin embargo se pudieron obtener datos y resultados relacionados a los horarios de mayor y menor actividad de los animales que podrían ser insumo para futuros trabajos. Esto tendría relevancia teniendo en cuenta la región y el sistema, quizás la cobertura arbórea (sombra)

influya en el horario sobre todo en primavera-verano, época que se caracteriza por las temperaturas extremas combinadas con un alto porcentaje de humedad.

Por último decir que se detectaron vacíos de conocimiento en sistemas silvopastoriles para la región del Chaco Semiárido. Sugiriendo nuevos estudios que incorporen a la estación húmeda, caracterizada por una mayor cantidad y calidad del forraje. Asimismo, trabajar con un n mas grande de animales, aumentar la escala espacial para generar datos asociados a diferentes sitios ecológicos y prolongar la duración del periodo experimental. Esto nos permitiría obtener conclusiones más robustas relacionadas a la hipótesis planteadas en esta tesis.

Capítulo VI. Bibliografía

- Adámoli, J., Ginzburg, R., & Torrella, S. 2011. Escenarios productivos y ambientales del Chaco Argentino: 1977-2010. Fundación Producir Conservando, Buenos Aires.
- Addlestone, B.J., Mueller, J.P. y Luginbuhl, J.M. 1998. El establecimiento y crecimiento temprano de tres especies de árboles leguminosos para uso en sistemas silvopastoriles del sureste de Estados Unidos. *Sistemas Agroforestales*, 44, 253-265.
- Agouridis C T; Koostra B K; Edwards D R; Stombaugh T S; Vanzant E S; Workman S R. 2004. Suitability of a GPS collar for grazing studies. *Transactions of the ASAE* 2004, 47(4), 1321–1329.
- Aharoni, y.; Henkin, Z.; Ezra, A.; Dolev, A.; Shabtay, A.; Orlov, A.; Yehuda, A.; Brosh, A. 2009. Grazing behavior and energy costs of activity: A comparison between two types of cattle. *Journal of animal & plant sciences*, 87:2719–2731.
- Allen, V.G. y Segarra, E. 2001. Antiquality components in forage: overview, significance and economic impact. *J. Range Manage.* 54:409-412.
- Allen, M.S. 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science*, 2014, 54, 1513-1524.
- Angueira, C., Prieto, D., López, J., & Barraza, G. 2007. Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero (SigSE 2.0). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- Ankom Technology. 2008. Procedures for fiber and in vitro analysis URL: http://www.ankom.com/09_procedures/DaisyMethod.pdf.
- Arnold, G. W., & Dudzinski, M. L. 1978. Ethology of free-ranging domestic animals (pp. xi+-198pp).
- Arnold, G.W. 1981. Grazing behaviour. In: 'Grazing Animals'. Ed. F.H.W. Morley. Pp.79–104. Elsevier Scientific Publishing Company: Amsterdam.
- Avila, R. E., & Ferrando, C. A. Suplementación invernal de terneras en pastizal natural y pasturas de “buffel grass” (*Cenchrus ciliaris*), 2016. VII Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales, 5 y 6 de Noviembre. Corrientes Argentina.
- Bailey, D.W., Gross, J.E., Laca, E. A., Rittenhouse, L.R., Coughenor, M.B., Swift, D.M., Sims, P.L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Manage* 49:386-400.

- Bailey, D.W., Gross, J.E., Laca, E. A., Rittenhouse, L.R., Coughenor, M.B., Swift, D.M., Sims, P.L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Manage* 49:386-400.
- Bailey, D.W.; Keil, M.R; Rittenhouse, L.R. 2004. Research observation: Daily movement patterns of hill climbing and bottom dwelling cows. *Journal of Range Management*, 57(1), 20-28.
- Balbuena, O., Stahringer, R.C., D'Agostini, A., Gándara, F.R. y Kucseva, C.D. 1998. Suplementación energético-proteica invernal de bovinos para carne en crecimiento. *Ganadería del NEA, Avances en Nutrición Animal*, 61-63.
- Balbuena, O.; Kucseva, C.D.; Arakaki, C.L.; Stahringer, R.C. y Velazco, G.A. 2000. Fuentes de proteína en la suplementación invernal de la recría de bovinos en pasturas Subtropicales, *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20 (Supl.1): 62-63.
- Balbuena, O.; Arakaki, C.L.; Rochinotti, D.; Kucseva, C.D.; Somma de Fere, G.R.; Slanac, A.L.; Koza, G.A.; Shreiner, J.; Navamuel, M. 2002. Efecto de la suplementación proteica sobre el ambiente ruminal en novillos consumiendo pasto estrella. *Revista Argentina Producción Animal*, 22 (Supl. 1): 21-22.
- Balbuena, O., Kucseva, C.D, Rochinotti, D., Slanac, A.L., Somma de Feré, G.R., Schreiner, J.J., Navamuel, J.M., Koza, G.A. 2002b. Niveles de suplementación proteica invernal para recría de bovinos para carne en pasturas tropicales. *Rev. Arg. Prod. Animal* 22 (Supl. 1):16-18.
- Balbuena, O., Kucseva, C.D., Rochinotti, D., Flores, J., Slanac, A.L., Schreiner, J.J., Navamuel, J.M. y Koza, G.A. 2003a. Niveles de suplementación energético-proteica 63 invernal para la recría de bovinos para carne en pasturas tropicales. 1. Afrechillo de trigo. *Arg. Prod. Animal* 23 (Supl. 1): 19-20.
- Balbuena, O., Kucseva, C.D., Rochinotti, D., Flores, J., Slanac, A.L., Schreiner, J.J., Navamuel, J.M. y Koza, G.A. 2003b. Niveles de suplementación energético-proteica invernal para la recría de bovinos para carne en pasturas tropicales. 2. Sorgo y expeller de algodón. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23 (Supl. 1): 20-21.
- Balbuena, O., Rochinotti, D., Kucseva, C.D., Slanac, A.L., y Kudo, H. 2012. Soybean as supplement of growing cattle on tropical pasture. Effects on intake, digestibility and animal performance. *Revista veterinaria*, 23: 20-24.

- Balmaceda, N.A. y Digiuni, N. 1983. Estimación de la dieta de vacunos, ovinos, caprinos y guanacos en zona de monte por el método micro histológico. *Rev. Argentina. Producción. Animal*, 10: 265-272.
- Barnes, M.K., Norton B.E., Maeno M. y Malechek J.C. 2008. Paddock Size and Stocking Density 201 Affect Spatial Heterogeneity of Grazing. *Rangeland Ecol Manage* 61:380-388.
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M. y Morand Ferhr. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science* 64:15-28.
- Beames, R.M., 1959. Molasses and urea as a supplement to low quality pasture hay for cattle. *Queensland J. Agric.Sci.*, 16: 223-232.
- Bond, J., and Rumsey, T.S., 1973. Liquid molasses-urea or biومت (NPN) feed supplements for beef cattle: wintering performance, ruminal differences and feeding patterns. *J. Anim. Sci.*, 37: 593-598.
- Bonino, N., Bonvissuto, G., Pelliza de Sbriller, A. y Somlo, R. 1986. Hábitos alimentarios de los herbívoros en la zona central del área ecológica Sierras y Mesetas Occidentales de Patagonia.
- Belsky A, Mwonga S, Duxbury J. 1993. Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agrofor Syst* 24:1–20.
- Bergman, M.; Lason, G.R.; Hester, A.J. 2005. Feeding patterns by roedeer and rabbits on pine, willow and birch in relation to spatial arrangement. *Oikos* 109:513–520.
- Bergström, R. 1992. Browse characteristic and impact of browsing of trees and shrubs in African savannas. *Journal of Vegetation Science* 3: 315-324.
- Benvenuti, M.; Gordon, J.I.; Poppi, D.P.; Crowther, R.; Spinks, W. 2008. Foraging mechanics and their outcomes for cattle grazing reproductive tropical swards. *Applied Animal Behaviour Science* 113: 15-31.
- Benvenuti, M. 2010. The effect of pasture utilization on the defoliation of grass species by steers grazing a tropical savanna woodland during the dry season. *Advances in Animal Biosciences*.
- Benvenuti, M. 2011. The effect of progressive defoliation on forage intake and diet quality of steers grazing tropical savanna woodland during the dry season.

- Benvenuti, M.; Coates, D.B.; Bindelle, J.; Poppi, D.P.; Gordon, L.J. 2014. Can faecal markers detect a short-term reduction in forage intake by cattle? *Animal Feed Science and Technology* 194 (2014) 44–57.
- Brizuela, E.R. 2019. Comportamiento alimenticio de cabras suplementadas con silaje de orujo de uva en pastoreo estival en los Llanos de la Rioja, Argentina. *Rev. Acad. Cien. Anim.*; 17(Supl 1):166. ISSN: 2596-2868.
- Broom, D. M. and A. Fraser. 2007. Feeding. In: *Farm animal behaviour and welfare*. 3. ed. London: Baillière Tindall, p.79-98.
- Burns, J.C., Timothy, D.H., Mochrie, R.D. and Fisher, D.S. 1988. Relative grazing preference of *Panicum* germplasm from three taxa *Agron. J.* 80: 574-580.
- Burns, J.C.; Pond, K.R.; Fisher, D.S. 1994. Measurement of forage intake. In: Fahey JR., G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, p. 494-531
- Butti, L.R. 2015. Composición botánica de la dieta de novillitos en un pastizal rolado en la región semiárida central de Argentina. Tesis de Maestría, <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2737>. Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- Catan, A.; Degano, C. 2007. Composición botánica de la dieta de caprinos en un bosque del Chaco semiárido (Argentina). *Quebracho* 14:15-22.
- Campling, R. C. 1970. Physical regulation of voluntary intake. In: A. T. Phillipson (ed.) *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. pp 226-234. Oriel Press, Ltd., Newcastle, U.K.
- Cangiano, C.A.; Brizuela, M.A. 2011. *Producción Animal en Pastoreo*, segunda edición. Buenos Aires: Ediciones INTA. 514 p.
- Carranza, C. A. y Ledesma, M. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XII Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, Argentina, 18-23 de Octubre.
- Carvalho, P. C.; Kozloski, G. V.; Ribeiro Filho, H. M. N; Vizzotto Reffatti, M.; Moraes Genro, T. C.; Pacheco Batista Euclides, V. 2007. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.36, suplemento especial, p.151-170.

- Cavender, B.A.; Hansen R.M. 1970. The microscope method used for herbivore diet estimates and botanical analysis of litter and mulch at the Pawnee Site, *Int. Biol. Progr. Grtisl. Biome Tech. Rep.*, 18. Colorado State Univ. p 12.
- Cid, M.S. y Brizuela, E.R. 2009. Variabilidad estacional en el uso de un pastizal serrano de Balcarce por vacunos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 29. Supl 1: 429-230.
- Coates, D.B., Dixon, R.M. 2007. Fecal near infrared reflectance spectroscopy (F. NIRS) measurements of different proportions of pasture in the diet of cattle grazing in tropical grasslands. *The Rangeland Journal* 29 (1) 51-63
<https://doi.org/10.1071/RJ07011>.
- Coppo, J.A., Coppo, N.B. 2000. Suplementación de terneros destete con semilla de algodón. Efectos sobre el peso y los electrolitos plasmáticos. *Revista Argentina de Produccion Animal.* VOL. 20 N/ 2: 85-91.
- Cornacchione, M.V., Fumagalli, A.E., González Pérez, M.A., Salgado, J.M., Oneto, C., Sokolic, L., Mijoevich, L.M. 2008. Calidad estivo-otoñal de cuatro gramíneas forrajeras tropicales. *Revista Argentina de Producción Animal*, 28: 349-543.
- Costa, L.T., Silva, F.F. Veloso, C.M. Pires, A.J.V. Rocha Neto, A.L. Mendes, F.B.L. Rodrigues, E.S.O. y Silva, V.L. 2011. Análisis económico de la adición de niveles crecientes de concentrado en las dietas para vacas lecheras cruzadas alimentadas con caña de azúcar. *Rev. Bras. Zootec* 11: 1155-1162.
- Chaparro, C.J., Pueyo, J.D., Cardozo, J.P. 1998. Recría de terneros sobre pasturas con suplementación invernal. Folleto Ganadería del NEA (INTA)-Avances en Nutrición Animal, Septiembre 1998, p. 117-121.
- Church, D.C. and Santos, A., 1981. Effect of graded levels of soybean meal and of a nonprotein nitrogen-molasses supplement on consumption and digestibility of wheat straw. *J. Anim. Sci.*, 53: 1609-1615.
- Cruz, F. M. U., Ruíz, R. P., Diaz, R. R., Hernández, F. G., Aryal, D. R., & Venegas, J. A. V. 2019. Composición botánica y calidad de la dieta de bovinos en un sistema silvopastoril intensivo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(2), 23-30.
- Danell, K., Edenius, L. y Lundberg, P. 1991. Herbivory and tree stand composition: Moose patch use in winter. *Ecol.* 72:1350-1357.
- Davison, T.M; Cowan, R.T; Shepherd, R.K; Martin, P. 1985. Milk production from cowsgrazing on tropical grass pastures. 1. Effects of stocking rate and level

- of nitrogen fertilizer on the pasture and diet. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 25: 505-514.
- Decruyenaere, V., Buldgen, A., Stilmant, D. 2009. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. *Base. Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009 13(4), 559-573.
- Del Curto, T.; Cochran, R.C.; Corah, L.R.; Beharka, A.A.; y Vanzant, E.S. 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. *Journal of Animal Science*, 68(2), 532–542.
- Del Curto, T., Cochran, R.C., Harmon, D.L., Beharka, A.A., Jacques, K.A., Towne, G. y Vanzant, E.S. 1990a. Supplementation of dormant, tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *Journal of Animal Science*, 68: 515-531.
- Degano, C.; Catan, A.; Renolfi, R.; Werenitzky, D.; Correa, S. 2000. Dieta del ganado caprino a monte bajo tres cargas distintas de animales. *Ecología* 14:251-257.
- 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.
- De León, M. 2005. Alternativas para producir forrajes conservados de calidad. En: Forrajes 2005 Cordoba. Potenciando el desarrollo ganadero sustentable del subtropico Argentino. Mejor Pasto. Technidea. Pp 116-141.
- Deli, W.; Guodong, H.; Yuguang, B. 2005. Interactions between foraging behavior of herbivores and grassland resources in the eastern Eurasian steppes. *In: Mc Gilloway, D. (Ed.). Grassland: A Global Resource. XX Internacional Grassland Congress. Publishers, Países Bajos. pp. 97-110.*
- Demment, M.W. y Laca, E.A. 1993. El rumiante en pastoreo: modelos y técnicas experimentales para relacionar la estructura del pasto y el consumo.
- De Souza, J., Batistel, F., Welter, K. C., Silva, M. M., Costa, D. F., and Santos, F. A. P. 2015. Evaluation of external markers to estimate fecal excretion, intake, and digestibility in dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 47(1), 265–268.

- Detmann, E., Gionbelli, M. P. y Huhtanen, P. 2014. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. *Journal of Animal Science*, 92(10): 4632–4641.
- Díaz Falú, E.M.; Brizuela, M.Á.; Cid, M.S.; Cibils, A.F.; Cendoya, M.G., y Bendersky, D. 2014. Daily feeding site selection of cattle and sheep co-grazing a heterogeneous subtropical grassland. *Livestock Science*, 161, 147–157.
- Di Marco, O.N. 2006. Crecimiento de vacunos para carne. Ediciones INTA, Argentina. pp 204.
- Ditchkoff, S.S. 2000. A decade since “diversification of ruminants” has our knowledge improved. *Oecologia* 125:82-84.
- Dummont, B., Maillard, J.F., Petit, M. 2000. The effect of the spatial distribution of plant species within the sward on the searching success of sheep when grazing. *Grass and Forage Sci.* 55:138-145.
- Dummont, B. Carrere, P. y D’Hour, P. 2002. Foraging in patchy grasslands: diet selection by sheep and cattle is affected by the abundance and spatial distribution of preferred species. *Anim. Res.* 51:367-381.
- Durr, F., Rangel, J. 2000. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment. I. Soil x shade interaction. *Trop Grassl* 34:110–177
- Durr, F., Rangel, J. 2002. Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. *Agrofor Syst* 54:99–102.
- Euclides, VPB, Euclides Filho, K., Costa, FP y Figueiredo, GRD. 2001. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regímenes alimentarios. *Revista brasileira de zootecnia* , 30 , 470-481.
- Fahey, G. C. y H. G. Jung. 1983. Lignina como marcador en estudios de digestión: una revisión. *J. Anim. Sci.* 57: 220-225.
- Ferrando, C., Namur, P., Burghi, V. y Berone, G. 2000. Efecto de la asignación forrajera y suplementación sobre la ganancia de peso de vaquillonas pastoreando Buffel Grass diferido. *Revista Argentina de Producción Animal.* 20 (Supl.1) 67-68.
- Ferreira, M. A., S. C. Valadares Filho y M. I. Marcondes. 2008. Consumo individual de materia seca estimado en ganado vacuno y lechero alimentado en grupos. 1. Evaluación de indicadores. *Rev. Bras. de Zootecnia.*

- Fleck, A.T.; Lusby, K.S.; Owens, F.N.; McCollum, F.T. 1988. Effects of Corn Gluten Feed on Forage Intake, Digestibility and Ruminal Parameters of Cattle Fed Native Grass Hay. *Journal of Animal Science*, 66(3), 750–757.
- Forbes, J. 2007. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: Minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, 20(2): 132–146.
- Fraser, D.A. 2004. Factors influencing livestock behaviour and performance. Forest Practices Branch, British Columbia Ministry of Forests, Victoria, B.C. Rangeland Health Brochure 8.
- Free, J.C., Hansen, R.M. and Sims, P.L. 1970 . Estimating dry weights of food plants in feces of herbivores . *J, Range Manage .* 23 : 300-302.
- Gaillard de Benitez, C., Pece, M., Juarez de Galindez, M.; Gomez, A., Zarate, M. 2013. Modelización de funciones para estimar biomasa aérea de piquillín (*Condalia microphylla Cav, Ramanacea*) y tala chiquita (*Celtis pallida Torr, Celtidacea*) en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, vol.21, num.1-2, pp. 46-57.
- Gaiyeen, M.L. and Goetsch, A.L., 1993. Utilization of forage fiber by ruminants. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Editors), *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. American Society of Agronomy, pp. 33-71.
- Ganskopp, D. 2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behavior Science*, 73(4), 251-262.
- Ganskopp, D.; and Bohnert, D. 2006. Do pasture-scale nutritional patterns affect cattle distribution on rangelands? *Rangeland Ecology & Management*, 59(2), 189–196.
- García, D., Medina, M. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Tropical* 24:233-250.
- Garg, MR. and Gupta, B.N., 1992. Effect of supplementing urea molasses mineral block lick to straw based diet on DM intake and nutrient utilization. *Asian Australasian J. Anim. Sci.*, 5: 39-44.
- Giner, R. A.; Chavez, G. A.; Chavez, I.; Negrete, R. 1988. Hábitos de comportamiento y gasto energético de bovinos en pastoreo en un pastizal mediano abierto del altiplano central. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 26(2), 221- 230.

- Goetsch, A.L., Nokes, L., Stokes, S.R., Jones, A.L. and Johnson, Z.B., 1987. Liquid supplement effects on performance of cattle on fescue-bermudagrass pasture. *Arkansas Farm Res. AR Agric. Exp. Sm.*, 36, p. 6.
- Gorandi, E.R.; Moltoni, A.F.; Clemares, N. 2016. Desarrollo y evaluación de un sistema de monitoreo animal georreferenciado para ganadería de precisión. III Congreso Argentino de Ingeniería – IX Congreso de enseñanza de la ingeniería. Resistencia-Chaco, Argentina.
- Gordon, I.J., Benvenuti, M.A. 2006. Food in 3D: How ruminant livestock interact with sown sward architecture at the bite scale. In: Bels, V. (ed.), *Feeding in domestic vertebrates: from structures to behavior*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp.263-277.
- Graig, J. V. 1981. Feeding problems and vices. In: *Domestic animal behaviour: causes and implications for animal care and management*. New Jersey: PrenticeHall, p.196-217.
- Gregorini, P., Clark, C.E.F, Jago, J.G, Glassey, C.B., McLeod, K.L.M. y Romera, A.J. 2009. Restringir el tiempo en el pasto: efectos sobre la ingesta de forraje de las vacas lecheras, el comportamiento de búsqueda de alimento, las hormonas relacionadas con el hambre y la concentración de metabolitos durante la primera sesión de pastoreo. *Revista de ciencia láctea*, 92 (9), 4572-4580.
- Guthrie, M.J. y Wagner, D.G. 1988. Influence of Protein or Grain Supplementation and Increasing Levels of Soybean Meal on Intake, Utilization and Passage Rate of Prairie Hay in Beef Steers and Heifers. *Journal of Animal Science*, 66(6), 1529–1537.
- Guzman-Cedillo, A., E., Corona, L., Castrejon-Pineda, F., Rosiles-Martínez, R., Gonzalez-Ronquillo, M. 2017. Evaluation of chromium oxide and titanium dioxide as inert markers for calculating apparent digestibility in sheep, *Journal of Applied Animal Research*, 45:1, 275-279.
- Hannah, S.M.; Cochran, R.C.; Vanzant, E.S.; Harmon, D.L. 1991. Influence of protein supplementation on site and extent of digestion, forage intake, and nutrient flow characteristics in steers consuming dormant bluestem-range forage. *Journal of Animal Science*, 69(6), 2624–2633.

- Hansen, R. M., & Reid, L. D. 1975. Diet overlap of deer, elk, and cattle in southern Colorado. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 28(1), 43-47.
- 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.
- Hansen R.T. and Gold, A. K. 1977. Blacktail prairie dogs, desert cottontails and cattle trophic relations on short grass range. *J. Range Manage.*30: 210-214
- Harbin, M. 1995. Track'em cowboy: GPS rides the range. *GPS World*, 6(9), 20–34.
- Hart R.H., Bissio J., Samuel M.J. y Waggoner J.W. Jr. 1993. Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behavior and gains. *J. Range Manage.* 46:81–87.
- Harris, N.R.; Johnson, D.E.; George, M.R.; Mc Dougald, N.K. 2001. The Effect of Topography, Vegetation, and Weather on Cattle Distribution at the San Joaquin Experimental Range, California. In: *Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Changing Landscape*, San Diego, CA. October 22-25, 2001.
- Henking, Z. Ungar, E.D., Dolev, A. 2012. Foraging behaviour of beef cattle in the hilly terrain of a Mediterranean grassland. *The Rangeland Journal*, 34, 163-172.
- Hennessy, D.W., 1986. Supplementation to reduce lactational anoestms in first-calf heifers grazing native pastures in the subtropics. *Proc. Aust. Sot. Anim. Prod.*, 16: 227-230.
- Hernandez, O. 2017. Efecto del nivel de suplementación con granos de destilería sobre la utilización y producción de metano de *Panicum maximum* (cv. GATTON) diferido en bovinos para carne. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Tucumán.
- Herrera Conegliano, O. A. 2018. Comportamiento en pastoreo del ganado bovino Criollo Argentino y Aberdeen Angus ecotipo Riojano, en pastizales naturales del Chaco Árido (Doctoral disertación, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata).
- Hodgson, J.; Clark, D.A.; Michell, R.J. 1994. Foraging behaviour in grazing animals and its impact and plant communities. In: Fahey, G.C. (Ed)., *Forage quality, evolution, and utilization*. Lincoln. USA, pp. 796-827.
- Hofmann, R .R. 1986. Evolutionary steps of ecophysiological adaptations and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78: 443-457.

- Hofmann, R. R. 1993. Anatomy of the gastro-intestinal tract. en D. C. Church, editor. The ruminant animal, Digestive, physiology and nutrition. Waveland Press. Illinois.
- Holderbaum, J.F.; Sollenberger L.E.; Quesenberry K.H.; Moore J.E. and Jones C.S. Jr. 1992. Canopy structure and nutritive value of rotationally-grazed limpgrass pastures during mid-summer to early autumn. *Agronomy Journal*, 84: 11-16.
- Holechek, J.L., Vavra, M. and Pieper, R.D. 1982. Methods for determining the nutritive quality of range ruminant diets: A review. *J. Anim.Sci.* 54: 363-376.
- Holechek J., M. Vavra y R. Pieper. 1982b. Botanical composition determination of range herbivore diets: A Review. *Journal of Range Management*, 35: 309- 315
- Holt, N.W. and Knipfel, J.E., 1993. Productivity of Russian wildrye as fall pasture with and without non-protein nitrogen supplementation. *Can. J. Anim. Sci.*, 73: 117-127.
- Howery, L.D., Provenza, F.D., Ruyle, G.B. and Jordan, N.C. 1998. How do animals learn if rangeland plants are toxic or nutritious *Rangelands* 20: 4-9.
- Howery, L. D.; Provenza, F.D.; Banner, R. E.; Scott, C.B. 1996. Differences in home range and habitat use among individuals in a cattle herd. *Applied Animal Behaviour Science*, 49(3), 305-320.
- Hulbert, I.A., Wyllie, J.T., Waterhouse, A., French, J. y McNulty, D. 1998. Una nota sobre el ritmo circadiano y el comportamiento alimentario de las ovejas equipadas con un collar GPS ligero. *Ciencias aplicadas del comportamiento animal* , 60 (4), 359-364.
- Illius, A.W.; Gordon, I.G. 1991. Prediction of intake and digestión in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics. *Journal of Agricultural Science* 118:145-157.
- Illius, A.W. 1997. Advances and retreats in specifying the constraints on intake in grazing ruminants. *Proceedings of the XVIII Interncional Grassland Congress*. Pp. 109-118.
- Imaz, J.A., García S., González, L.A. 2020. Application of In-Paddock Technologies to Monitor Individual Self-Fed Supplement Intake and Liveweight in Beef Cattle. *Animals* 10, 93; www.mdpi.com/journal/animals.
- Jacobs, J. 1974. Quantitative measurement of food selection: a modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia*, 14, 413-417.
- Jones, R. M., & Hargreaves, J. N. G. 1979. Improvements to the dry-weight-rank method for measuring botanical composition. *Grass and Forage Science*, 34(3), 181-189.

- 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.
- Kartchner, R. J. 1981. Effects of protein and energy supplementation of cows grazing native winter range forage on intake and digestibility. *J. Anim. Sci.* 51:432-438.
- Kessler B., F. Kasworm y W. Bodie. 1981. Three methods compared for analysis of pronghorn diets. *Journal of Wildlife Management*, 45: 612-619.
- Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York. 654 pp.
- Kucseva, C.D., Balbuena, O. Slanac, A.L., Schreiner, J., Somma de Feré, G.AY, Rochinotti, D. 2001. Efecto del nivel de semilla de algodón en el suplemento sobre el consumo de heno en novillos. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol. 21 Supl 1. NA 4 pp: 5 – 6.
- Kucseva, C. D., Balbuena, O., Stahringer, R. C., Rochinotti, D., Flores, J., Somma, G., & Arakaki, C. L. 2004. Suplementación energética-proteica invernal para recría de bovinos para carne en pasturas tropicales. En *Anales 27 Congreso Argentino de Producción Animal*.
- Kucseva, D., Balbuena, O., Mónaco, I. 2013. Cáscara de soja como suplemento en bovinos de recría. *Proyecto Nacional de Nutrición Animal: cartera de proyectos 2009-2012.-* Buenos Aires: Ediciones INTA, 2013. pp 31-37.
- Laca, E.A.; Ungard, E.D.; Demment, M.W. 1994. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behavior Science*, 39(1), 3-19.
- Laca, E.A. y Ortega, I.M. 1996. Integrating foraging machanisms across spatial and temporal scales En: West, N.E. (ed.) *Proccedings of the Fifth international Rangeland Congress*. Soc. Range Manage., Salt Lake City, Utah. Pp. 129-132.
- Laca, E.A., Shiplay, L.A. y Reid, E.D. 2001. Structural anti-quality characteristics of range and pasture plants. *J. Range Manage.* 54:413-419.
- Leng, R.A. 1990. Factors affecting utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.*, 3: 277-303.
- 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., 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
- López, A., Arroquy, J.I., Juárez Sequeira, A.V., García, M., Nazareno, M., Coria, H., y Distel, R.A. 2014. Effect of protein supplementation on tropical grass hay utilization by beef steers drinking saline water. *Journal of Animal Science*, 92: 2152-2160.
- Lorenz, G. 1995. Caracterización Ecológica de un suelo *Eutric regosol*, bajo Bosque en el Chaco Semiárido Argentino. *Revista Quebracho* (3):13-23. Facultad de Ciencias Forestales UNSE, Argentina.
- Ludwig F, De Kroon H, Prins H (2008) Impacts of savanna trees on forage quality for a large African herbivore. *Oecologia* 155:487–496.
- Lyons, R. Forbes T.; Machen, R. 2000. What Range Herbivores Eat And Why? Texas Agricultural Extension Service 11p. Consultado 29 de noviembre de 2004 En línea: <http://animalscience.tamu.edu/ansc/publications/sheeppubs/B6037-rangeherbivores.pdf>
- 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
- Mathis, C.P., Cochran, R.C., Stokka, G. L., Heldt, J.S., Woods, B.C. y Olson K.C. 1999. Impacts of increasing amounts of supplemental soybean meal on intake and digestion by beef steers and performance by beef cows consuming low-quality tall grass prairie forage. *Journal of Animal Science*, 77: 3156-3162.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (2002). Metodología para el estudio de la vegetación [en línea]. Washington, DC: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. [Consulta: 2 abril 2019]. serie de Biología, Monografía.
- McCollum, F.T.; Galyean, M.L. 1985. Influence of Cottonseed Meal Supplementation on Voluntary Intake, Rumen Fermentation and Rate of Passage of Prairie Hay in Beef Steers. *Journal of Animal Science*, 60(2), 570–577.
- McLennan, S.R., Wright, G.S. and Blight, G.W. 1981. Effects of supplements of urea, molasses and sodium sulfate on the intake and liveweight of steers fed rice straw. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Hush.*, 21: 367-370.

- McLennan, S.R., Savage, M.D., Lindsay, J.A., O'Rourke, P.K. and Murray, R.M. 1989. Effects of sulfur and different sources and levels of nitrogen and energy on the intake and liveweight change of steers fed tropical native pasture hay. *Aust. J. Exp. Agric.*, 29: 157-163.
- Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. *Bioenergetics of Wild Herbivores*, G.C. Fahey, 450–493.
- Minson, D.J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, Inc. San Diego, CA.
- Minson, D.J. y Wilson J.R. 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. En: Fahey, G.C., Collins, Jr., Mertens and Moser (eds.). *Forage quality, evaluation, and utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A. pp. 533-563.
- Miñón, D. P.; Fumagalli, A.; Auslender, A. 1991. Hábitos alimentarios de vacunos y caprinos en un bosque de la región chaqueña semiárida. *RAPA* 11:275-283.
- Moser, B.; Schütz, K.; Hindenlang, E. 2006. Importance of alternative food resources for browsing by roe deer on deciduous trees: The role of food availability and species quality. *Forest Ecology and Management* 226: 248–255.
- Mott, G.O. 1959. Symposium of Forage Evaluation. IV. Animal variation and measurement of forage quality. *Agron. J.* 51:223-226.
- Mysterud, A.; Ostbye, E. 1999. Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. *Wildlife Society Bulletin* 27: 385–394.
- Navamuel, J. M., Slanac, A. L., Balbuena, O. S., Juan, J., Koza, G. A., Kucseva, C. D., ... & Andino, G. 2002. Efectos de la suplementación proteica invernal con niveles crecientes de expeller de algodón sobre el proteinograma en vaquillas cruzas cebú.
- Neto, G.B.; Berndt, A.; Nogueira, J.R.; Demarchi, J.J.A.A.; Nogueira, J.C. 2009. Monensin and protein supplements on methane production and rumen protozoa in bovine fed low quality forage. *South African Journal of Animal Science*, 39 (Supplement 1), 280–283.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (updated 7th ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Ormaechea, S. G., Peri, P. L., & Ceccaldi, E. F. 2012. Uso espacial de vacunos bajo dos tipos de manejo ganadero en establecimiento con bosque de ñire [*Nothofagus*

- antártica]. II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero. Argentina. p: 94-99.
- Ormaechea, S. G., Peri, P.L. 2015: Landscape heterogeneity influences on sheep habits under extensive grazing management in Southern Patagonia. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 27, Article #105. Retrieved November 1, 2022, from <http://www.lrrd.org/lrrd27/6/orma27105.html>.
- Ormaechea, S. G., Cipriotti, P. A., Peri, P. L., 2018. Selección de hábitat por ovinos en paisajes del sur patagónico con bosque nativo. IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Villa La Angostura, Neuquén. Argentina. p: 251-262.
- Ouédraogo-Koné, S.; Kaboré-Zoungrana, C.; Ledin, I. 2006. Behavior of goats, sheep and cattle on natural pasture in the sub-humid zone of West Africa. *Livestock Science* 105: 244-252.
- Oviedo, C., Pastrana, Á., Maza, L., Salgado, R., & Vergara, O. 2011. Supplementation of lactating calves dual purpose in the dry season in the middle Sinu valley, Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*,14(1), 57-62.
- Parraga Casallas, A. C. Evaluación de la semilla de algodón como suplemento en la dieta en ovinos de engorde. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/204.
- Pelliza de Sbriller, A. 1993. Acerca de la microhistología. Comunicación técnica N°32. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. S.C. de Bariloche. Río Negro. Argentina. 75 p.
- Peña Neira J. M. 1980. Serie técnico científica. Vol 1. N°6. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. México. 82 p.
- Pérez Barberia, F.J., Elston, D.A., Gordon, I.J., Illius, A.W. 2004. The evolution of phylogenetic differences in the efficiency of digestión in ruminants. *Proc. Royal Soc. Lond. B* 271:1081-1090.
- Pérez, O. C. T.; Gómez, J. M. I. 2008. Selectividad de especies arbóreas potencialmente útiles para sistemas de producción ganaderos. *Zootecnia Trop.* 26(3): 197-200.
- Peri, P., Dube, F., Varella, A. 2016. Silvopastoral Systems in Southern South America, *Advances in Agroforestry*. ISSN 1875-1199.
- Phillips, C.J.C. 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass and forage science*, 43:215-230.

- Pinchak, W. E., Smith, M. A., Hart, R. H. and Waggoner Jr., J. W. 1991. Beef cattle distribution patterns on foothill range. *J. Range Manage.* 44: 267–275.
- Pineda, N., Pérez, E., & Vásquez, F. 2009. Evaluación de la selectividad animal de plantas herbáceas y leñosas forrajeras durante dos épocas en la zona alta del municipio de Muy Muy, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, número 47 (2009), páginas 46-50.
- Pinto Ruíz, R., Ortega Reyes, L., Gómez Castro, H., Guevara Hernández, F., & Hernández Sánchez, D. 2014. Animal behavior and diet characteristics of cattle grazing on stargrass in monoculture and associated with trees. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(3), 365-374.
- Pordomingo, A. J., Wallace, J. D., Freeman, A. S., & Galyean, M. L. 1991. Supplemental corn grain for steers grazing native rangeland during summer. *Journal of Animal Science*, 69(4), 1678-1687.
- Poppi, D. P., T. P. Hughes y P. J. L’huillier. 1987. La ingesta de pastos por el pastoreo de rumiantes. Páginas 55–64 en *Alimentación del ganado en el pasto*. A. M. Nicol, ed. Sociedad de Nueva Zelanda de Producción Animal, Hamilton. Publicación ocasional, 10.
- Poppi, D.P., Gill, M. y France, J. 1994. Integration of Theories of intake regulation in growing ruminants. *Journal of Theoretical Biology* 167:129-145.
- Poppi, D.P.; Mc Lennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim Sci* 1995, 73:278-290.
- Provenza, F.D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J. Range Manage.*48: 2-17.
- Provenza, F.D., Villalba, J.J., Wiedmeier, R.W., Lyman, T., Owens, J., Lisonbee, L., Clemensen, A., Welch, K.D., Gadner, D.R., Lee, A. T. 2009. Value of plant diversity for diet mixing and sequencing in herbivores. *Rangelands* 31:45-49.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Radrizzani, A.; Renolfi, R. 2004. La importancia de los árboles en la sustentabilidad de la ganadería del Chaco semiárido. INTA. Santiago del Estero.

- Renolfi, R. 1989. Producción y manejo de forrajeras introducidas y nativas en el Chaco semiárido. Forrajeras y cultivos adecuados para la región chaqueña semiárida. FAO-Chile, pp. 59-69. *Ecología* 103:208-213.
- Rimieri, P. 1985. Precisión de la técnica de microanálisis en la estimación de la dieta de herbívoros. Tesis de maestría en producción animal de la F.C.S.A. de la Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Roche, J. R., Blache, D., Kay, J. K., Miller, D. R., Sheahan, A. J., Miller, D. W. 2008. Neuroendocrine and physiological regulation of intake with particular reference to domesticated ruminant animals. *Nutrition Research Reviews*, 21(2): 207–234.
- Roacho-Estrada, J.O.; Fredrickson, E.L.; Bezanilla-Enriquez, G.A.; Peinetti, H.R.; Gonzalez, A.L.; Rios, J.A. 2008. Comparison of grazing behavior between deserts adapted Mexican Criollo cattle and temperate British breeds using two diverse landscapes in New Mexico and Chihuahua. Joint Meeting of the Society for Range Management and the American Forage and Grassland Council. January.
- Robbins, C. T. Spalinger, D.E., Van Hoven, W. 1995. Adaptation of ruminants to browse and grass diets: are anatomical-based browser-grazer interpretations valid?
- Rochinotti, D.; Somma de Fere, G.R.; Flores, J.; Balbuena, O.; Arakaki, C.L. 2002. Efecto de la Suplementación Protéica sobre el Consumo Voluntario de Heno de Setaria. *Rev. Arg. Prod. Animal* 22 (Supl. 1): 10-11.
- Rodgers, A. R., Rempel, R. S. and Abraham, K. F. 1996. A GPS based telemetry system. *Wildl. Soc. Bul.* 24: 559–566.
- Roberts, G.; Williams, A.; Last, J.D.; Penning, P.D.; Rutter, S.M. 1995. A low power post processed DGPS system for logging the locations of sheep on hill pastures. *Navigation: J. Inst. Navigation* 42(2): 327–336.
- Roldán Bernhard, S. Saravia Sánchez, J.J. 2015. Unidad demostrativa y experimental de un Sistema Silvopastoril en el Chaco Semiárido. III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales, Puerto Iguazú Argentina. Edición INTA. ISBN: 978-987-521-611-2. Área (1) P: 201.
- Rook, A. J. 2000. Principles of foraging and grazing behaviour. In: *Grass, its production and utilization*. p. 229-246.
- Rossi, C.; De León, M.; Gonzales, G.; Pereyra, A. 2007. Presencia de metabolitos secundarios en el follaje de diez leñosas de ramoneo en el bosque xerofítico del

- Chaco Árido Argentino. Tropical and Subtropical Agroecosystems. Yucatán-México. 002 (7): 133-143.
- Rumsey, T.S., Bond, J., Hart, R.H. and Carlson, G.E., 1971. Ruminant NH₃, pH and VFA of beef cattle on orchardgrass pasture and self-fed liquid molasses-urea or ground corn-fat supplements. *J. Anim. Sci.*, 33:507-513.
- Rutter, S.M.; Beresford, N.A.; Roberts, G. 1997. Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep. *Computers and electronics in agriculture*. 17(2): 177–188.
- Salado, E.E., Fumagalli, A.E. 2003. Suplementación energético-proteica de novillos sobre Gaton panic. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23:Supl.1, 5-6.
- Salado, E. E., Cornacchione, M. V., Fumagalli, A. E. 2004. Suplementación con semilla de algodón a terneras pastoreando gramíneas tropicales diferidas. 27° Congreso Argentino de Producción Animal. (10 pp 20-22), 20 al 22 de Octubre de 2004. Tandil, Argentina.
- Sampaio, C. B., E. Detmann, T. N. P. Valente, V. A. C. Costa, S. C. Valadares Filho y A. C. Queiroz. 2011a. Patrones de excreción fecal y sesgo a corto plazo de marcadores internos y externos en un ensayo de digestión con ganado. *Rev. Bras. Zootec* 40: 657–665.
- Sampedro, D.H., Vogel, O, Celser, R. 1998. Efectos de la suplementación invernal y/o primaveral sobre la ganancia de peso de vaquillonas en pasturas naturales. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18: Supl. 1, p. 43.
- Sanon, H.; Kaboré-Zoungana, C.; Ledin, I. 2007. Behavior of goats, sheep and cattle and their selection of browse species in natural pastures in a sahelian area. *Small Ruminant Research* 67: 64-74.
- Saravia Sánchez, J.J., Renolfi, R.F., Piedrasanta, R.O. 2017. Efecto de la suplementación en recría de terneras durante la estación seca en Santiago del Estero Argentina. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 37 Supl. 1: p 197.
- SAS. 1994. User's guide. 4th ed. Statistical Analysis System Institute, Inc. North Carolina, USA. p. 470.
- Satter, L.D.; Roffler, R.E. 1975. Nitrogen Requirement and Utilization in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 58 (8):1219-1237.
- Sawalhah, M.N; Cibils, A.F.; Maladi, A.; Cao, H.; Vanleeuwen, D.; Holechek, J.; Black Rubio, M.C.; Wesley, R.L.; Endecott, R.; Mulliniks, T.; Petersen, M.K. 2016. Forage

- and Weather Influence Day versus Nighttime Cow Behavior and Calf Weaning Weights on Rangeland. *Rangeland Ecology & Management*. 69(2): 134–143
- Scarpa, G. F. 2007. Etnobotánica de los Criollos del oeste de Formosa: conocimiento tradicional, valoración y manejo de las plantas forrajeras. *Kurtziana* 33 (1). Volumen especial de Etnobotánica: 153-174.
- Scogings, P.F.; Dziba, L.E.; Gordon, I.J. 2004. Leaf chemistry of woody plants in relation to season, canopy retention and goat browsing in a semiarid subtropical savanna. *Austral Ecology* 29: 278–286.
- Shelton, M. 2000. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. *Unasylva* 51:25-32.
- Sheehy, C.M. 2007. Comparison of Spatial Distribution and Resource Use by Spanish and British Breed Cattle in Northeastern Oregon Prairie Ecosystems, M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis.
- Schneider, B. H. y W. P. Flatt. 1975. La evaluación de los alimentos a través de experimentos de digestibilidad. The University of Georgia Press, Atenas.
- Senft, R.L., Coughenour, D.W., Bailey, D.W., Rittenhouse, L.R., Sala, O.E. y Swift, D.M. 1987. Large herbivore foraging and Ecological hierarchies. *Bios-ciencie* 37:789-799.
- Silva, R. R., A. F. Magalhães, G. G. P. Carvalho, F. F. Silva, I. N. Prado, I. L. Franco, C. M. Veloso y M. A. Chaves. 2004. Comportamiento ingestivo de vaquillas cruzadas de Holstein suplementadas en pastoreo brachiaria decumbes: aspectos metodológicos. *Rev. Elec. Vet.* 5: 1–7.
- Skarpe, C.; Jansson, I.; Seljeli, E.; Bergstrom, R.; Roskaft, E. 2007. Browsing by goats on three spatial scales in a semiarid savanna. *Journal of Arid Environments* 68: 480-491.
- Slanac, A.L., Balbuena, O., Kucseva, C.D., Stahringer, R.C. 2007. Efectos de la suplementación proteica invernal sobre parámetros productivos de vaquillas de reposición. *Rev. vet.* 18: 1, 24–28.
- Smith, C.D., Whittier, J.C., Schutz, D.N., y Couch, D. 2001. Comparison of alfalfa hay and distillers dried grains with solubles, alone or in combination with cull beans, as protein sources for beef cows grazing native winter range. *The Professional Animal Scientists*, 17: 139–144.

- Sollenberger, L. E. and J. C. Burns. 2001. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grasslands. In: International Grassland Congress, 19, 2001, So Pedro. Proceedings. So Pedro. p.321-327.
- Sosa Rubio, E. E. D.; Perez Rodriguez, L.; Ortega Reyes; G. Zapata Buenfil. 2004. Evaluación de potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria México* 42(2):129-144.
- Smith A. y L. Shandruk. 1979. Comparison of fecal, rumen and utilization methods for ascertaining pronghorn diets. *Journal of Range Management*, 32: 275-279
- Smit, G. 2004. An approach to tree thinning to structure southern African savannas for long term restoration from bush encroachment. *J Environ Manage* 71:179–191.
- Smit, H. J.; Taweel, H. Z.; Tas, B. M.; Tamminga, S.; Elgersma, A. 2005. Comparison of techniques for estimating herbage intake of grazing dairy cows. *J.Dairy Sci.* 88:1827–1836.
- Sparks, D. R. and Malechek, J. C. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscope technique. *Journal of Range Management* 21(4): 264-265.
- Stewart, D., R., M., 1967. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preference of grazing herbivores. *J. Appl. Ecol.* 4:83-111.
- Stobbs, T.H. 1973. The effect of plant structure on the voluntary intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 24:809-819.
- Stockdale, C.R. 1999b. Effect of length of the period of supplementation with concentrates on pasture intake and performance of grazing dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39:803-809.
- Stritzler, N., Rabotnikof, C., Ferri, C., Pagella, J., & Jouve, V. 1995. Cattle preference for 4 warm-season grasses in la Pampa, Argentina. In *Annales de zootechnie* (Vol. 44, No. Suppl1, pp. 112-112).
- Tevan C. Titgemeyer. 1997. Design and interpretation of nutrient digestion studies, *Journal of Animal Science*. 75: 2235–2247, <https://doi.org/10.2527/1997.7582235x>.
- Titgemeyer, E. C.; Armendariz, C.K.; Bindel, D.J.; Greenwood, R.H.; Loest, C.A. 2001. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *Journal Animal Science*. 79:1059-1063.
- Tomkiewicz, S.M.; Fuller, M.R.; Kie, J.G.; Bates, K.K. 2010. Global positioning system and associated technologies in animal behavior and ecological research.

- Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365(1550): 2163–2176.
- Tomkins, N., y O' Reagain, P. 2007. Global positioning systems indicate landscape preferences of cattle in the subtropical savannas. *The Rangeland Journal*, 2007, 29, 217–222. www.publish.csiro.au/journals/trj.
- Tothill, J.; Hargreaves, J.; Jones, R. 1978. BOTANAL. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. I. Field sampling. CSIRO, Australian. Division of Tropical Crops and Pastures. Tropical Agronomy Technical Memorandum N° 8: 1-20.
- Trejo, A. M. 2002. Comportamiento animal, conducta ingestiva y calidad forrajera en un sistema silvopastoril de sucesión natural para la producción de leche. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1(1), 37.
- Turner, L. W., Udal, M. C., Larson, B. T. and Shearer, S. A. 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Can. J. Anim. Sci.* 80: 405–413.
- Udal, M.C.; Turner, L.W.; Larson, B.T.; Shearer, S.A. 1998. GPS tracking of cattle on pasture. ASAE Paper No. 983134. International Meeting. ASAE. Orlando, FL. 12–15 July.
- Ungard, E.D.; Henkin, Z.; Gutman, M.; Dolve, A.; Genizi, A.; Ganskopp, D.; 2005. Inference of animal activity from GPS collar data on free- ranging cattle. *Rangeland Ecology & Management*, 58(3): 256-266.
- Valentini, P. V, Pancoti, C. G., Mourão, R. de C., Ferreira, A. L., Resende, T. Q., Lopes, F. C. F., and Reis e Silva, R. 2012. Use of titanium dioxide (TiO₂) as indicator of fecal excretion in studies of ruminants nutrition. *PUBVET*, 6(17).
- Valero, J.; Benezra, M.; Chong, L.; Guenni, O. 2006. Comportamiento fenológico y producción de frutos de algunas especies leñosas del bosque deciduo en el asentamiento Las Peñitas, al sur del estado Aragua. *Zootecnia Tropical* 24: 85-93.
- Vallentine, J. F. 1990. *Grazing management*. Academic Press, San Diego, CA.
- Van Soest, P.J., 2004. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed: Cornell University Press, Ithaca, London.
- 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.

- Velásquez, R. 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de dos épocas, manejo y condición de paisajes en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 91 p.
- Velásquez, A. V., da Silva, G. G., Sousa, D. O., Oliveira, C. A., Martins, C. M. M. R., dos Santos, P. P. M., Balieiro, J. C. C., Rennó, F. P., and Fukushima, R. S. 2018. Evaluating internal and external markers versus fecal sampling procedure interactions when estimating intake in dairy cows consuming a corn silage-based diet. *Journal of Dairy Science*, 101(7).
- Waldo, D.R. 1986. Efecto de la calidad del forraje sobre el consumo y las interacciones forraje-concentrado. *Revista de ciencia láctea* , 69 (2), 617-631.
- Wickham, Hadley, Winston Chang, Lionel Henry, Thomas Lin Pedersen, Kohske Takahashi, Claus Wilke, Kara Woo, Hiroaki Yutani, y Dewey Dunnington. 2021. *ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics*. <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>.
- Williams, C.H.; David, D.J.; Ilma, A.O. 1962. The determination chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agricultural Science*, v.59, p. 381-385.
- Williams, O.B. 1969 . An improved technique for identification of plant fragments in herbivores feces. *J. Range Manage.* 22 (1): 51 -52.
- Wilson, J.R., Kennedy, P.M. 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Australian Journal of Agricultural Research* 47:199-225.
- Woodward, A.; Coppock, D.L. 1995. Role of plant defense in the utilization of native browse in Southern Ethiopia. *Agrofo. Sys.*, 32(2): 147-161.
- Yayneshet, T.; Eik, L.O.; Moe. S.R. 2008. Influences of fallow age and season on the foraging behavior and diet selection pattern of goats (*Capra hircus* L.). *Small Ruminant Research* 77:25-37.
- Zeileis, Achim, Francisco Cribari-Neto, Bettina Gruen, y Ioannis Kosmidis. 2021. *betareg: Beta Regression*. <https://CRAN.R-project.org/package=betareg>.
- Zuur, Alain F., Elena N. Ieno, Neil J. Walker, Anatoly A. Saveliev, y Graham M. Smith. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York, NY: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>.