

**PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y RESULTADOS ECONÓMICOS EN UN SISTEMA DE
CRÍA MANEJADO SEGÚN EL ESTADO DE LAS PASTURAS BAJO DIFERENTES
NIVELES DE CARGA ANIMAL**

Fátima Guadalupe Continanza

**Trabajo de tesis para ser presentado como requisito para optar al título de
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL
Área de Sistemas de Producción Ganadera**

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA**

Balcarce, Argentina

Marzo de 2010

**PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y RESULTADOS ECONÓMICOS EN UN SISTEMA DE
CRÍA MANEJADO SEGÚN EL ESTADO DE LAS PASTURAS BAJO DIFERENTES
NIVELES DE CARGA ANIMAL**

Fátima Guadalupe Continanza

.....
M. Sc. Med. Vet. Julio César Burges
Director de Tesis

.....
M. Sc. Ing. Agr. Héctor Fernández
Co-Director de Tesis

.....
M. Sc. Claudia Faverín
Asesor

.....
Ing. Agr. Antonio Sciotti
Asesor

**PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y RESULTADOS ECONÓMICOS EN UN SISTEMA DE
CRÍA MANEJADO SEGÚN EL ESTADO DE LAS PASTURAS BAJO DIFERENTES
NIVELES DE CARGA ANIMAL**

Fátima Guadalupe Continanza

Aprobada por:

.....
Dr. Cristián R. Feldkamp
Evaluador

.....
Dr. Julio Galli
Evaluador

.....
Dr. Carlos Ferri
Evaluador

DEDICATORIA

DEDICO ESTA TESIS A

Mi padre y ejemplo Rafael Continanza, mi guía Carlos Moratorio y lo más grande que me ha dado esta vida, mis dos madres, la que está en la tierra que se llama Carmen Arana y la que está en el cielo y se llama María.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente:

- *A los técnicos del INTA que estuvieron presentes el día de la entrevista por haberme dado la posibilidad de ser becaria de la EEA INTA Balcarce.*
- *A Julio Burges, director de tesis y beca por todas las posibilidades que me brindó para estar en el INTA. Por su paciencia, enseñanza, respeto y confianza desde el principio de mi beca. Julio, gracias.*
- *A Claudia Faverín, un agradecimiento especial por haberme acompañado, tanto en las diferentes etapas de la tesis como en los pasos que día a día fui dando como profesional y persona en el INTA. Claudia, gracias.*
- *A Quico Sciotti, por haberme acompañado en toda la etapa de campo, en los momentos críticos, en las mediciones de altura, en los cortes de pasto, en la pesada de los animales. Quico, gracias.*
- *A Macocho, por rescatar durante toda la tesis, todos los aspectos positivos. Por sus aportes, por su paciencia. Macocho, gracias.*
- *A Alvaro Romera definitivamente, por su paciencia. Gracias Alvaro, gracias.*
- *Al personal de la Reserva 6 y la Reserva 7, en especial a Titi Pereyra y Ricardo Sofiack, por su enseñanza, consejos y afecto. A todos, gracias.*
- *A Marita Cocimano por su paciencia, cariño y conjuntamente con Mario Aello y Pablo Corva sencillamente por su calidad como personas. Marita, Mario y Pablo, gracias.*
- *A todas las personas que nos ayudaron en el comienzo del SIMPLE, en especial a Karina Zelaya, Germán Dominguez, Fernando Grattone, Miguel A. Bergonzi, Mirta Calandroni, Fabián Cabria y al grupo de Cambio Rural "los Amigos" de J. N. Fernández y Claraz. A todos, gracias.*
- *A mis queridos compañeros y amigos/as de la maestría PLIDER, y a mis queridos amigos/as Karina Zelaya, Verónica Van Becelaere, Julián Verona, Raquel Brizuela, Sebastián Cambareli, del posgrado de P. animal y vegetal.*
- *A todos los que estuvieron presentes en cada etapa de esta tesis: secretarias, personal de mantenimiento, del laboratorio de nutrición y pasturas, intendencia, profesionales. A todos, muchas gracias.*

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| Índice de cuadros | ix |
| Índice de figuras | x |
| Listado de abreviaturas | xii |
| Resumen | xv |
| Abstract | xvii |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Revisión bibliográfica | 6 |
| 2.1. Antecedentes en el estudio de los sistemas pastoriles | 6 |
| 2.1.a. Estudio del sistema de cría a escala real | 8 |
| 2.1.b. Estudios del sistema de cría a través de modelación y simulación | 9 |
| 2.2. Subsistema manejo: la utilidad en el uso de reglas de decisión en los sistemas pastoriles | 13 |
| 2.3. Componentes de los subsistemas ganadero y pastura | 14 |
| 2.3.1. Métodos de pastoreo y carga animal | 15 |
| 2.3.2. Relación de la carga animal con la productividad física y los resultados económicos del sistema | 16 |
| 2.3.3. Relación de la carga animal con los animales y las pasturas | 17 |
| 2.3.4. Relación entre crecimiento de forraje, la altura de la pastura y la respuesta animal | 20 |
| 2.4. Alternativas de manejo en rodeos de cría | 24 |
| 3. Materiales y métodos | 27 |
| 3.1. Lugar y duración de ensayo | 27 |
| 3.2. Características edáficas del área de estudio | 27 |
| 3.3. Características climáticas | 27 |
| 3.3.1. Temperaturas | 27 |
| 3.3.2. Precipitaciones | 28 |

| | |
|---|----|
| 3.4. Pastura | 29 |
| 3.5. Tratamientos | 29 |
| 3.6. Manejo del pastoreo ligado a reglas de decisión | 30 |
| 3.7. Reglas de decisión aplicadas al sistema de producción | 32 |
| 3.8. Mediciones sobre la pastura | 37 |
| 3.8.1. Altura de la pastura | 37 |
| 3.8.2. Relación altura/biomasa aérea de la pastura | 37 |
| 3.8.3. Porcentaje de material vivo y digestibilidad in vitro del material vivo en el área de pastoreo | 37 |
| 3.9. Mediciones sobre animales | 38 |
| 3.9.1. Peso vivo de los animales | 38 |
| 3.9.2. Condición corporal | 38 |
| 3.9.3. Período de alimentación con heno en corrales | 39 |
| 3.10. Indicadores | 40 |
| 3.10.1. Indicadores de eficiencia reproductiva | 40 |
| 3.10.2. Indicadores de productividad física | 40 |
| 3.10.3. Resultados económicos | 41 |
| 3.10.4. Número de reglas de decisión aplicadas | 42 |
| 3.11. Análisis estadístico | 42 |
| 3.11.1. Pastura | 43 |
| 3.11.2. Animales | 43 |
| 3.11.3. Indicadores reproductivos y físicos y resultados económicos | 44 |
| 4. Resultados | 46 |
| 4.1. Funcionamiento general del sistema: reglas de decisión | 46 |
| 4.2. Carga real a través del año | 48 |
| 4.3. Evolución de la altura de la pastura y el área de clausura | 49 |
| 4.4. Relación biomasa aérea/altura de la pastura | 53 |

| | |
|--|----|
| 4.5. Porcentaje de material vivo y digestibilidad in vitro del material vivo en el área de pastoreo | 54 |
| 4.6. Alimentación con heno | 55 |
| 4.7. Relación entre variación de peso vivo en categoría ternera de reposición y altura de la pastura | 56 |
| 4.8. Peso y variación de peso de los animales | 56 |
| 4.9. Condición corporal | 61 |
| 4.10. Resultados reproductivos | 63 |
| 4.11. Resultados físicos y económicos del sistema | 64 |
| 5. Discusión | 68 |
| 5.1. Subsistema manejo: reglas de decisión | 68 |
| 5.2. Subsistema pastura | 73 |
| 5.3. Subsistema animal | 75 |
| 5.4. Integrando el Sistema: productividad física y resultados económicos | 78 |
| 5.5. Implicancias del trabajo | 81 |
| 6. Conclusiones | 82 |
| 7. Bibliografía | 83 |
| 8. Apéndice | 96 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| <i>Cuadro 1. Rangos de altura (cm) de la pastura e índice de área foliar en los cuales se obtiene la máxima tasa de crecimiento neto en diferentes especies bajo pastoreo continuo.</i> | 23 |
| <i>Cuadro 2. Temperaturas medias mensuales (°C) del período experimental 2007-2008 y del período 1971-2007.</i> | 28 |
| <i>Cuadro 3. Carga animal objetivo (CO, cab/ha) y composición inicial del rodeo para el período pre-experimental y experimental respectivamente.</i> | 30 |
| <i>Cuadro 4. Ajuste porcentual del área de pastoreo (AP) para compensar los cambios en la altura de la pastura (ALT) en pastoreo continuo (adaptado de Hodgson et al., 1986).</i> | 33 |
| <i>Cuadro 5. Reglas de decisión aplicadas en el S.I.M.P.L.E. durante el año en la pastura y en los animales.</i> | 36 |
| <i>Cuadro 6. Grados de condición corporal (Lowman et al, 1976, citado por Wright; Russel, 1984).</i> | 39 |
| <i>Cuadro 7. Período de alimentación con heno para los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).</i> | 55 |
| <i>Cuadro 8. Variación de peso vivo (kg/día), para los diferentes períodos bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (CO, cab/ha).</i> | 56 |
| <i>Cuadro 9. Resultados económicos y ecuaciones estimadas para cada variable para los diferentes períodos bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).</i> | 67 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1. Un modelo de sistema pastoril. Ingresos y salidas cuantificables; ingresos y salidas no cuantificables (Adaptado de Pearson; Ison, 1997).</i> | 7 |
| <i>Figura 2. Relación entre las características morfogénéticas y estructurales de las pasturas (Chapman; Lemaire, 1993). TEH= tasa de elongación de la hoja; TAH= tasa de aparición de hojas; VMF= vida media foliar; TH= tamaño de hoja; DM= densidad de macollos; HM= hojas por macollo; IAF= índice de área foliar.</i> | 21 |
| <i>Figura 3. Relación entre la altura de la pastura (mm), el índice de área foliar (IAF) y el crecimiento bruto (CB), senescencia (SENESEC) y crecimiento neto (CN) en una pastura de <i>Thinopyrum ponticum</i> en otoño (Agusdei et al., 2007). CN calculado como la diferencia entre CB-SENESEC.</i> | 22 |
| <i>Figura 4. Precipitaciones mensuales durante el período de estudio y el promedio histórico período 1971-2007.</i> | 28 |
| <i>Figura 5. Manejo del rodeo de cría bajo el protocolo S.I.M.P.L.E.</i> | 32 |
| <i>Figura 6. Reglas de decisión que operan ante una situación crítica a nivel de la altura de la pastura y condición corporal de los animales. AP=área de pastoreo, AC=área de clausura, RO=regla N° 0, R1= regla N° 1, R2= regla N° 2, R3=regla N° 3, R4=regla N° 4, R5= regla N° 5, R6=regla N° 6, R7=regla N° 7.</i> | 35 |
| <i>Figura 7. Número de operaciones anuales aplicadas a la pastura y a los animales en cada carga animal objetivo (cab/ha).</i> | 46 |
| <i>Figura 8. Número de operaciones realizadas en la pastura dividida según el tipo de operación en cada carga animal objetivo. SO= sin operación; C1= cierre de una parcela; C2= cierre de dos parcelas; A1= apertura de una parcela; A2=apertura de dos parcelas, en función a los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).</i> | 47 |
| <i>Figura 9. Reglas de decisión aplicadas a lo largo del año para cada una de las cargas animal objetivo (CO, cab/ha). R0= control de altura; R1= reducción 10 % de la carga animal; R2= venta de vientres por condición corporal <2 (escala 1-5); R3= destete hiperprecoz; R4= destete anticipado; R5= ingreso alimentación con heno demorada por reservas insuficientes; R6=henificación; R7= ingreso alimentación con heno demorada por existencia de área de clausura.</i> | 48 |
| <i>Figura 10. Carga animal real (cab/ha) obtenida en cada carga animal objetivo (cab/ha) durante las distintas épocas el período experimental.</i> | 49 |
| <i>Figura 11. Evolución mensual de la altura de las pasturas (ALT, cm) en el área de pastoreo y del área de clausura (AC, %) en los distintos tratamientos durante el período experimental. ALT del área de pastoreo, AC al final de cada mes bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).</i> | 51 |

- Figura 12. Frecuencia relativa de los rangos de altura en distintas épocas del año (Otoño, Invierno, Primavera y Verano) bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). “menor a 10 cm”, “entre 10-15 cm”, “mayor a 15 cm”. 52
- Figura 13. Relación entre la altura (cm) y la biomasa aérea de forraje (kg MS/ha) para cada época. $y = 132,2 * altura$ R^2 ajustado=0,89; $y = 195,4 * altura$ R^2 ajustado=0,84; $y = 139,9 * altura$ R^2 ajustado=0,84; $y = 103,04 * altura$ R^2 ajustado=0,85; $y = 83,3 * altura$ R^2 ajustado=0,95, siendo $y =$ biomasa aérea de forraje (kg MS/ha) para otoño 2007, invierno, primavera, verano y otoño 2008, respectivamente. 53
- Figura 14. Porcentaje de material vivo (PORVIVO, %) y su digestibilidad (DIGVIVO, %) dependiendo de la época y la carga animal objetivo (cab/ha). 54
- Figura 15. Altura de la pastura y evolución de peso vivo para la categoría ternera de reposición a lo largo del período experimental bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). Altura (cm), peso vivo ternera reposición (kg). Período 1= 9/04/07-10/05/07; Período 2= 10/05/07-4/07/07; Período 3= 4/07/07-31/10/07; Período 4= 31/10/07-2/01/08; Período 5= 2/01/08-11/03/08. 57
- Figura 16. Variación de peso vivo globales (kg/día) para la categoría vaca adulta (VC), vaca primípara (VP) y ternera de reposición (TR), para cada uno de los niveles de carga animal objetivo (cab/ha). 58
- Figura 17. Peso vivo (kg) de la categoría vaca adulta, vaca primípara y ternera de reposición para los distintos niveles de carga animal objetivo (cab/ha). 59
- Figura 18. Peso al nacimiento (PESONAC), peso al destete (PESODEST, kg) y ganancia de peso vivo (GDP, kg/día) en terneros para los distintos niveles de carga animal objetivo (cab/ha). 60
- Figura 19. Relación entre la edad al destete de los terneros y diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). 60
- Figura 20. Evolución de la condición corporal (CC) a lo largo de diferentes momentos productivos para los distintos niveles de carga animal objetivo (cab/ha). Vaca adulta, vaca primípara. $R^2 =$ venta de vientres por condición corporal <2 (escala 1-5). 62
- Figura 21. Indicadores reproductivos para los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). 63
- Figura 22. Producción de terneros durante el período de ensayo bajo los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). PRODKGTER (kg/ha/año) y PRODCABTER (cab/ha/año). 64
- Figura 23. Ventas de terneros durante el período de ensayo bajo los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). TERKGVEN (kg/ha/año) y TERCABVEN (cab/ha/año). 65

- Figura 24. Venta de vientres. VACKVEN (kg/ha/año), VACABVEN (cab/ha/año) bajo los diferentes niveles de carga animal objetivo.* 66
- Figura 25. Producción de carne (PRODHA, kg/ha/año) y margen bruto (MB, \$/ha/año) durante el período marzo 2007- marzo 2008 para los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).* 68
- Figura 26. Superposición de series y fases con los potreros diseñados para el ensayo en Reserva 6 INTA Balcarce bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).* 97

LISTADO DE ABREVIATURAS

- A1: Apertura de una Parcela
A2: Apertura de dos Parcelas
AC: Área de Clausura (%)
ALT: Altura de la Pastura (cm)
C1: Cierre de una Parcela
C2: Cierre de dos Parcelas
Cab: Cabezas
CB: Crecimiento Bruto de forraje (kg MS/ha/día)
CC: Condición corporal (escala 1-5)
CD: Costos Directos (\$/ha/año)
CE: Costos Efectivos (\$/ha/año)
CN: Crecimiento Neto de forraje (kg MS/ha/día)
CO: carga animal (cab/ha)
COSPROD: Costo por kilo de Carne Producida (\$)
DIFA: Diferencia de Inventario de Animales (\$/ha/año)
DIFH: Diferencia de Inventario de Heno (\$/ha/año)
DIG: Digestibilidad de la Materia seca (%)
DM: Densidad de Macollos (macollos/m²)
GDP: Ganancia Diaria de Peso (kg/cab/día)
HM: Número de hojas por macollo (hojas/macollo)
IAF: Índice de área Foliar
IB: Ingreso Bruto (\$/ha/año)
IN: Ingreso Neto (\$/ha/año)
IPMNG: Índice de Precios Mayoristas Nivel General
MB: Margen Bruto (\$/ha/año)
MS: Contenido de Materia Seca (%)
P1: Período 1
P2: Período 2
P3: Período 3
P4: Período 4
P5: Período 5

PESODEST: Peso al Destete (kg)

PESONAC: Peso al Nacimiento (kg)

PRODCABTER: Cabezas Producidas de Ternero (cab/ha/año)

PRODHA: Producción de Carne (kg/ha/año)

PRODKGTER: Producción anual de Terneros (kg/ha/año)

R0: Regla de decisión N° 0

R1: Regla de decisión N° 1

R2: Regla de decisión N° 2

R3: Regla de decisión N° 3

R4: Regla de decisión N° 4

R5: Regla de decisión N° 5

R6: Regla de decisión N° 6

R7: Regla de decisión N° 7

S.I.M.P.L.E.: Sistema Integrado de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las pasturas

SENESEC: Senescencia del forraje (kg MS/ha/día)

SO: Sin Operación

TAH: Tasa de Aparición de la Hoja (días/hoja)

TEH: Tasa de elongación de la hoja (mm macollo/día)

TERCABVEN: Cabezas Vendidas de Ternero (cab/ha/año)

TERKGVEN: Kilos Vendidos de Ternero (kg/ha/año)

TH: Tamaño de la Hoja

TR: Ternera de Reposición

VA: Vaca Adulta

VACABVEN: Cabezas Vendidas de Vaca (cab/ha/año)

VACKGVEN: Kilos Vendidos de Vaca (kg/ha/año)

VMF: Vida Media Foliar (días)

VP: Vaca Primípara

VPV: Variación de Peso Vivo (kg/día)

RESUMEN

El Sistema Integrado de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las pasturas (S.I.M.P.L.E.) es un protocolo de manejo propuesto por el Grupo de Sistemas Ganaderos de la Unidad Integrada Balcarce que busca simplificar la conducción y las decisiones de manejo en los sistemas de cría bovina, mediante la inclusión de reglas de decisión basadas en medidas de fácil determinación: la altura de las pasturas (ALT) y la condición corporal de los animales (CC). La carga animal representa uno de los componentes más importantes en el manejo del pastoreo, por lo que la evaluación del S.I.M.P.L.E. a partir de esta variable podría contribuir a explicar el comportamiento del sistema. El objetivo fue evaluar la productividad física y los resultados económicos del S.I.M.P.L.E. en módulos de cría bovina bajo pastoreo continuo de agropiro y festuca con diferentes niveles de carga animal objetivo (CO). Se utilizaron 6 niveles de CO (0,9; 1,3; 1,7; 2,1; 2,5 y 2,9 cab/ha) distribuidos al azar en 6 potreros de 10 ha. Las reglas de decisión fueron: R0) mantener ALT entre 10 y 15 cm, clausurando una proporción del área de pastoreo ante excesos en donde, eventualmente, se cosecha heno para reserva; R1) reducción del 10% de la carga animal objetivo cuando $ALT < 5$ cm; R2) venta de vientres con $CC < 2$ (escala 1-5); R3) destete precoz e hiperprecoz preservicio de vientres con $CC < 2,75$; R4) destete precoz cuando el heno resultare insuficiente para el invierno siguiente. Se utilizaron animales Aberdeen Angus, el servicio fue durante noviembre y diciembre, el destete se programó para la primera semana de marzo, y las vacas adultas fueron alimentadas con heno en corral durante la etapa final de gestación. La CO inicial se conformó con 60% de vacas adultas, 20% de vacas primíparas y 20% de terneras de reposición. Se realizaron mediciones sobre la pastura (altura, biomasa aérea, calidad nutricional del forraje ofrecido, reservas forrajeras) y sobre los animales (peso vivo, condición corporal, indicadores reproductivos). Se evaluaron el número y tipo de reglas aplicadas, la productividad física y los resultados económicos. La ALT se mantuvo en el rango de 10-15 cm durante la mayor parte del ensayo en las CO menores a 2,1 cab/ha. A medida que la CO aumentó la cantidad de reglas aplicadas a los animales fue mayor y a la pastura menor. En las CO de 0,9 cab/ha a 1,7 cab/ha se produjo heno, aunque en esta última sólo se obtuvo el 75% del requerido para un próximo período invernal. Durante la mayor parte del año, ALT fue menor a 10 cm en las CO mayores a 2,1 cab/ha, pero únicamente en las dos últimas se aplicó R1. A medida que CO aumentó CC disminuyó y, para el caso de 2,5

y 2,9 cab/ha fue necesario aplicar R3. El resto de las CO alcanzaron $CC > 3$ al inicio del servicio. Tanto la producción de carne (PRODHA) como el margen bruto (MB) mostraron una respuesta curvilínea en función de CO ($PRODHA = 320 \cdot CO - 100 \cdot CO^2$; $P = 0,0003$; $R^2 = 0,98$ y $MB = 103,7 + 495,4 \cdot CO - 246,5 \cdot CO^2$; $P = 0,0178$; $R^2 = 0,93$). Los valores máximos estimados fueron 256 kg/ha/año a una CO de 1,6 cab/ha y 352,5 \$/ha/año a una CO de 1,0 cab/ha para PRODHA y MB, respectivamente. La hipótesis formulada no fue rechazada por lo que se concluye que, la carga animal objetivo determinó una respuesta diferencial en la PRODHA y los resultados económicos en los módulos de cría bovina manejados bajo pastoreo continuo con reglas de decisión, estando la carga óptima estimada para obtener el mayor MB por debajo de la correspondiente para la máxima PRODHA.

Palabras clave: cría bovina, carga animal, pastoreo flexible, reglas de decisión, producción, resultados económicos.

ABSTRACT

The Integrated Grazing Management System linked to Sward State (S.I.M.P.L.E. in Spanish) is a management protocol proposed by the Livestock System Group of the Balcarce Integrated Unit that tries to simplify management decisions on cow-calf system by the inclusion of decision rules. The latter are based on objective measures and easy determination: pasture height (HEIGHT), and animal body condition (BC). Animal stocking rate is a system component that can not be ignored when assessing grazing system. The objective of this work was the evaluation of the physical productivity and the economic results of the S.I.M.P.L.E. in cow-calf production modules under continuous grazing of *Thynopyrum ponticum* with different target stocking rates (TSR). Six levels of TSR (0.9, 1.3, 1.7, 2.1, 2.5 and 2.9 head/ha) assigned randomly to the six 10 ha paddocks were used. Some of the decision rules were: (R0) keeping a 10 to 15 cm pasture HEIGHT, fencing part of the grazing area when there was an excess of forage that could be harvested as reserve hay; (R1) reducing 10% of stocking rate when HEIGHT < 5 cm; (R2) selling multiparous cows with BC < 2 (scale 1-5); (R3) very early weaning prior to mating of cows with BC < 2.75; (R4) early weaning when hay would be insufficient for the next winter. An Aberdeen Angus herd was used, November and December was the breeding period. Weaning was programmed for the first week of March. Adult cows were fed hay on the paddocks during the last stage of pregnancy. The initial herd composed by was 60% of multiparous cows, 20% of primiparous cows and 20% of replacement heifers. Pasture measurements included height, herbage mass, nutritional quality of forage offered, forage reserves. Also live weight, body condition, reproductive indicators on cattle were measured. The number and type of rules triggered, physical productivity and economic results were evaluated. Pasture HEIGHT was maintained within a range of 10–15 cm during most of the year on TSR < 2.1 head/ha. More rules related to animal management were triggered when TSR increased and fewer to pasture. Hay was produced with TSR in the range of 0.9 to 1.7 head/ha although with 1.7 head/ha only 75% of that required for the next winter was obtained. During most of the year, HEIGHT was less than 10 cm for TSR higher than 2.1 head/ha but R1 was applied only on the two highest TSRs. The higher TSR the lower BC and for 2.5 and 2.9 head/ha it was necessary to trigger R3. The rest of TSR achieved a BC > 3 at the beginning of mating season. Beef production (PRODHA) as well as gross margins (GM) showed curvilinear response as function of TSR (PRODHA =

$320 * 100 * \text{TSR} - \text{TSR}^2$, $P = 0.0003$, $R^2 = 0.98$, $\text{GM} = 103.7 + 495.4 * \text{TSR} - 246.5 * \text{TSR}^2$, $P = 0.0178$, $R^2 = 0.93$). The maximum values estimated were 256 kg/ha/year with a TSR of 1.6 head/ha and 352.5 \$/ha/year with TSR of 1.0 head/ha for PRODHA and GM, respectively. The study validated the hypothesis formulated, given that the TSR determined a differential response in the PRODHA and economic results in cow-calf production modules managed under continuous grazing with decision rules. Also, it was established that the optimum stocking rate estimated for the higher GM was lower than that for the maximum PRODHA.

Key words: buffer grazing, cow-calf system, stocking rate, flexible grazing, decision rules, production, economic results.

1. INTRODUCCIÓN

El ganado vacuno en la República Argentina se encuentra concentrado en su mayoría en la Región Pampeana donde se sitúa el 56% del *stock* ganadero nacional y se produce el 80% de la carne del país (Rearte, 2007). Uno de los problemas que presentan los sistemas de cría en esta región es la baja productividad comparada con las posibles de obtener. Rearte (2007) menciona que los valores de producción de carne se encuentran en el orden de los 80 kg/ha/año, muy por debajo de los resultados observados por otros autores quienes mencionan valores cercanos a los 140 kg/ha/año (Canosa, 2003) y 270 kg/ha/año (Carrillo *et al.*, 1998) mediante la aplicación de tecnologías de insumos y de procesos. Canosa (2003) indica que las tecnologías de alto impacto en ganadería están ligadas a bienes no comerciales, tales como el conocimiento aplicado y el gerenciamiento. El manejo del pastoreo forma parte de esta tecnología y en consecuencia el uso inadecuado del recurso forrajero, principalmente en lo que respecta al manejo de la carga animal dentro del sistema, podría explicar en parte la baja productividad alcanzada y es además un prerrequisito para cualquier intento de intensificación. En este sentido, en los últimos años se ha observado un incremento de la carga animal en los campos ganaderos de la Provincia de Buenos Aires, con signos incipientes de degradación de las pasturas (Recavarren *et al.*, 2009).

El manejo de las pasturas implica controlar el estado de la misma a fin de mantener un balance entre los procesos de crecimiento, senescencia y consumo (Bircham; Hodgson, 1983). Existen métodos directos que permiten cuantificar la biomasa de forraje por corte del material, pero el tiempo y la labor requerida pueden limitar su uso (Harmony *et al.*, 1997; Hodgson *et al.*, 1999). Es por ello, que para el manejo de módulos productivos se utiliza un método indirecto tal como la medición de la altura de la pastura (Hodgson *et al.*, 1986), la cual está relacionada con la biomasa aérea de forraje (Bircham; Hodgson, 1983).

La bibliografía indica que existe un rango de alturas en el cual las pasturas expresan el máximo crecimiento neto, siendo este rango variable dependiendo de la especie en estudio (Bircham; Hodgson, 1983; Agnusdei *et al.*, 2007). Establecer y mantener la altura de la pastura en ese rango frente a las variaciones estacionales en la tasa de crecimiento, implica un manejo acorde de la carga animal a lo largo del año. En general, la tasa de crecimiento de forraje en la región pampeana presenta una variación estacional con tasas

mínimas en invierno y máximas en primavera (Burges; Romera 2007). El grupo de producción y utilización de pasturas de la EEA Balcarce del INTA ha trabajado con pastoreo continuo en pasturas de *Festuca arundinacea* (Cordero, 1996), pastizales naturales (Pueyo, 1996) y, más recientemente, *Thinopyrum ponticum* (Larregain, 2002; Gutheim, 2002; Pascuet, 2003; Burghi, 2006). Los estudios mencionados estuvieron centrados en mantener la cubierta vegetal dentro de un rango de alturas establecido, lo cual se lograba mediante el manejo de la carga animal variando el número de animales en pastoreo. Sin embargo, en un sistema de cría esta modalidad es difícil de implementar debido a que en general se requiere mantener un *stock* constante de vientres.

En tal sentido, Baker (1988) argumenta que el problema de la variación estacional del forraje podría ser superado si se adoptaran sistemas de manejo flexibles, en los cuales el aprovechamiento directo a través del pastoreo y la transferencia del exceso de forraje mediante la confección de reservas, estén altamente integrados. Una alternativa de manejo de los sistemas que contempla esta integración lo constituye el *Buffer Grazing System*. Esta metodología fue propuesta por “*The Scottish Agricultural College*” (Publicación N° 128, 1984) y se basa en mantener la altura de la pastura dentro de un rango determinado a través de modificaciones del área de pastoreo (Hodgson, 1990). El concepto de *buffer* se refiere a que se dispone de un área predeterminada, que puede utilizarse para el pastoreo o para la conservación de forrajes, en función de mantener una cantidad promedio de forraje constante en el resto del sistema, o bien cubrir los déficits a partir de la importación de forrajes conservados o concentrados (Poole, 1985; Phillips; Leaver, 1985 a y b; Illius *et al.*, 1987; Tait, 1988; Roberts, 1989; Maxwell *et al.*, 1994; Sibbald *et al.*, 1994). Un aspecto común que tienen dichos trabajos es que utilizaron un conjunto de reglas de decisión explícitas para el manejo del pastoreo. Por ejemplo: la utilización del área *buffer* cuando la altura en el área de pastoreo está por debajo de ciertos límites. La explicitación cuantitativa de reglas de decisión permite formalizar y estandarizar las decisiones que habitualmente se toman en los sistemas pastoriles. Las mismas deben especificar qué hacer diariamente dependiendo de los recursos disponibles a fin de acompañar los lineamientos que se han planificado, permitiendo a su vez adaptarse a eventos particulares, por ejemplo ante condiciones climáticas atípicas (Cross *et al.*, 2004).

Wright *et al.* (1996), mediante el principio de *Buffer Grazing Systems* evaluaron la factibilidad de manejar las pasturas a través de la altura de la misma y la condición

corporal de las vacas de cría. Este ensayo consideró el aporte de fertilizante (tecnología de insumos) y el encierre en las épocas más frías, por lo tanto los animales estuvieron presentes en la pastura sólo durante un período del año. Sería interesante evaluar el funcionamiento de este esquema manteniendo los animales en pastoreo todo el año y no importando alimentos. Conocer cómo evolucionaría la altura de la pastura, qué ajustes de la carga animal serían necesarios y, consecuentemente, cuál sería el resultado físico y económico del sistema.

El Grupo de Sistemas Ganaderos, de la EEA Balcarce en el año 2006, adaptó los conceptos de *Buffer Grazing System* para su utilización sobre pasturas en base de *Thinopyrum ponticum* con rodeos de cría bajo pastoreo continuo. Este grupo desarrolló un protocolo de manejo del pastoreo denominado “Sistema Integrado de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las pasturas”, cuyo acrónimo es: S.I.M.P.L.E. Este protocolo contempla el manejo de pasturas (dentro de un rango de altura) mediante reglas de decisión que se aplican a las pasturas y a los animales, con el objetivo de lograr un balance adecuado entre los procesos de crecimiento y senescencia del forraje (de acuerdo a Bircham; Hodgson, 1983).

La carga animal es uno de los componentes más importantes en el manejo del pastoreo, por lo que la evaluación del S.I.M.P.L.E. a través de un amplio rango de cargas podría contribuir a estudiar el comportamiento del sistema. Los sistemas pastoriles son muy sensibles ante la variabilidad climática, y el riesgo de desbalance entre crecimiento de la pastura y consumo de los animales se acrecienta en la medida que la carga que se pretende utilizar (carga animal objetivo) es más alta. En esos casos para mantener la altura de las pasturas constante, en el SIMPLE se incluye una regla extra de venta de animales para mantener la altura de las pasturas. Como resultado, la carga animal real puede no coincidir con la carga animal inicialmente pretendida.

El clima es uno de los factores que explica la variabilidad de la producción. Es por ello que uno de los objetivos del S.I.M.P.L.E. es que sea robusto ante diferentes situaciones meteorológicas, así como adaptable a diversos escenarios dados por variaciones en los recursos económicos y en los objetivos de producción en el establecimiento.

De lo expuesto, se plantea entonces la necesidad de evaluar el S.I.M.P.L.E, manejado bajo pastoreo continuo con reglas de decisión, en un amplio rango de carga animal objetivo y en situaciones contrastantes. Por consiguiente, de acuerdo a lo presentado se planteó la siguiente hipótesis:

Hipótesis

- La carga animal objetivo utilizada en un Sistema Integrado de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las pasturas (SIMPLE), determina una respuesta diferencial en la productividad física y en los resultados económicos de módulos de cría bovina, manejados bajo pastoreo continuo con reglas de decisión.

Objetivo general

- Evaluar la productividad física y los resultados económicos de un Sistema Integrado de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las pasturas (S.I.M.P.L.E.), aplicado en módulos de cría bovina bajo pastoreo continuo dominadas por *Thinopyrum ponticum* conducido bajo reglas de decisión, con diferentes niveles de carga animal objetivo.

Objetivos específicos

- Cuantificar las decisiones (tipo de reglas y frecuencia) requeridas en el manejo de los diferentes niveles de carga animal objetivo.
- Evaluar el efecto de las reglas sobre los componentes del sistema (pasturas y animales).
- Determinar la relación funcional entre la producción de carne por hectárea, el margen bruto por hectárea y la carga animal objetivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS PASTORILES

...”No necesariamente los sistemas que poseen mayor complejidad de manejo del pastoreo son los que logran conseguir una efectiva utilización de la pastura...”

Baker (1988)

Un sistema puede definirse como un conjunto de elementos que interactúan entre sí y con el ambiente que los rodea. De acuerdo con Spedding (1988), las propiedades de un sistema “*responden como un todo en respuesta a un estímulo a cualquiera de sus partes*”.

Un sistema de producción es un fragmento de un sistema mayor o suprasistema, dependiendo del enfoque e interés del observador. A su vez, es un sistema abierto porque se relaciona con el medio ambiente a través de sus entradas y salidas de materia y energía y también es un sistema dinámico porque evoluciona en el tiempo (Martínez Sifuentes, 2004). Por otra parte, los límites del sistema son determinados por la perspectiva de análisis (Pearson; Ison, 1997)

A su vez, un sistema pastoril está formado por subsistemas: ganado, pasturas y manejo. El subsistema ganado se refiere al capital animal dentro del proceso productivo, mientras que el subsistema pasturas está formado por los cultivos destinados para la obtención de recursos alimenticios para la nutrición de los animales. Finalmente el subsistema manejo se refiere a la toma de decisiones, el cual está determinado por los objetivos de la explotación y los factores ambientales, culturales, evolutivos y económicos (Figura 1).

Existen tres diferentes enfoques para estudiar el comportamiento de los sistemas i) a partir de sus componentes, ii) sistemas experimentales y iii) modelación.

Cuando el sistema es estudiado a partir de sus componentes se pierde la posibilidad de evaluar las interrelaciones que surgen entre cada uno de ellos y, como consecuencia, se pierde la visión del todo. Cuando los sistemas son evaluados considerando todos los componentes, es posible evaluar las propiedades emergentes que surgen producto de la interacción de los componentes en el sistema (Bawden, 1991; Feldkamp, 2004).

La evaluación de los sistemas a través de la modelación facilita el estudio de la complejidad que poseen y permite la incorporación de la información obtenida a través de

la investigación tradicional. Los modelos son una simplificación de la realidad diseñada para captar las interrelaciones y el comportamiento del sistema en estudio (Ruiz; Oregui, 2001). Sin embargo, aunque la modelación ofrece la posibilidad de explorar alternativas de bajo costo, también es importante destacar que los estudios a escala real resultan ventajosos debido a que a través de los mismos es posible incluir todas sus interacciones y mecanismos *feed-back*.

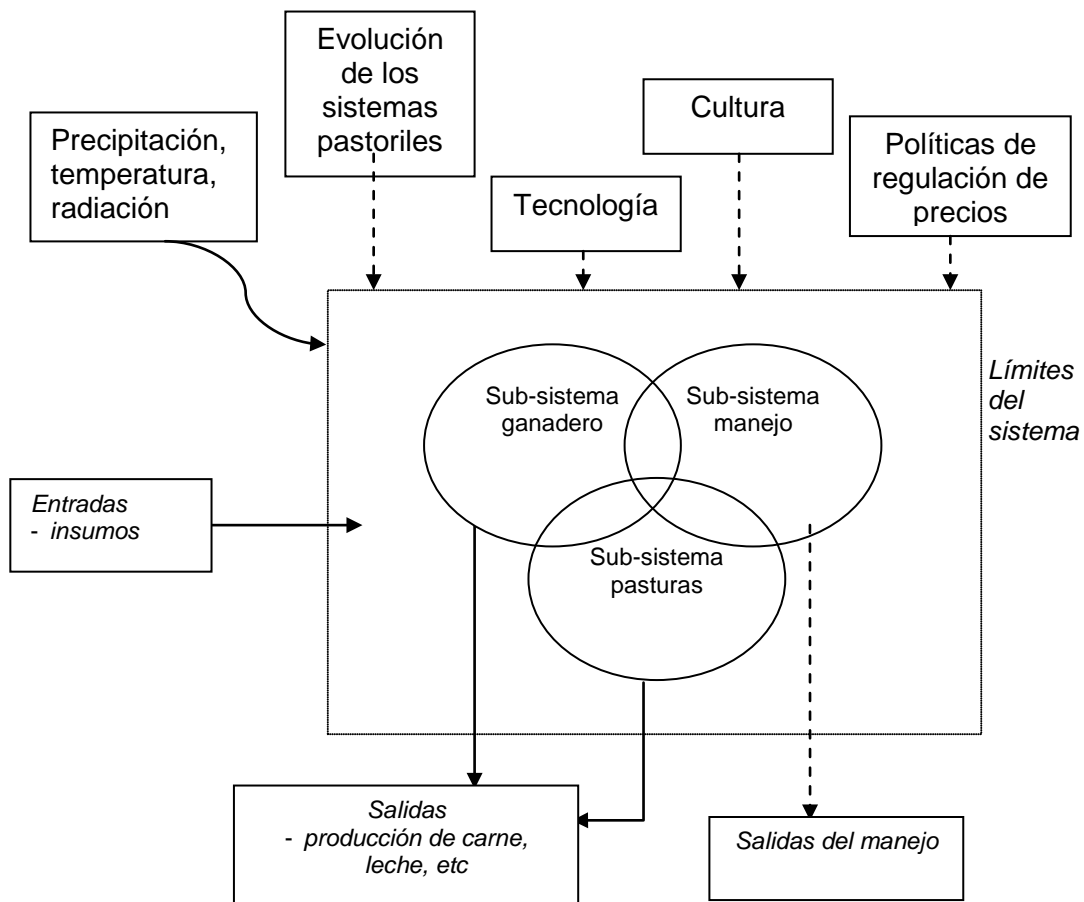


Figura 1. Un modelo de sistema pastoril. Ingresos y salidas cuantificables (—); ingresos y salidas no cuantificables (....) (Adaptado de Pearson; Ison, 1997).

2.1.a. ESTUDIO DEL SISTEMA DE CRIA A ESCALA REAL

Desde el año 1960 se encuentra en funcionamiento un módulo de experimentación de cría vacuna denominado Reserva 6, en uno de los Campos Experimentales de la Unidad Integrada Balcarce del INTA. Los objetivos principales son evaluar y adaptar diferentes tecnologías en los sistemas de cría vacuna a fin de aumentar su eficiencia física y biológica y obtener información sobre su sostenibilidad a través del tiempo (Carrillo *et al.*, 1998).

La base tecnológica de este modelo fue la introducción de especies forrajeras de mayor productividad, la fertilización fosforada, la reserva de excedentes forrajeros y su utilización en períodos de déficit, y el servicio estacionado en un corto período (60 días).

Dentro de los recursos forrajeros implantados se encuentran como especies dominantes *Thinopyrum ponticum*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* y, en menor medida, *Trifolium repens* y *Trifolium fragiferum*. La fertilización de las pasturas se basa en la aplicación de superfosfato triple de calcio aplicando dosis de aproximadamente 100 kg/año (Carrillo *et al.*, 1998). Durante los meses de primavera-verano, cuando existe excedente forrajero, se clausura un 30 % de la superficie de pasturas, que posteriormente se destinan a henificación.

El rodeo de cría está compuesto por vacas multíparas, primíparas, vaquillonas de reposición y toros de la raza Aberdeen Angus (biotipo chico de aproximadamente 400-450 kg de peso adulto de las hembras). Las pasturas son manejadas mediante pastoreo rotativo (se utilizan aproximadamente 10 parcelas por categoría) de animales durante todo el año, excepto las vacas multíparas (representando aproximadamente el 60 % del rodeo) que durante el invierno se alimentan con heno.

El servicio se encuentra estacionado durante los meses de noviembre y diciembre, con toros de producción propia y monta natural. El destete está programado para la primera semana de marzo cuando los terneros poseen entre 5-7 meses de edad y un peso vivo superior a los 150 kg. Luego del destete las vacas multíparas preñadas con una condición corporal entre 3-4 (escala 1-5) ingresan a un período de restricción en el cual son alimentadas en una parcela fija con heno hasta el parto durante aproximadamente 120 días. Durante este período las vacas, en general, pierden peso (alrededor de 40 ó 50 kilogramos desde el destete al parto). Sin embargo, luego del parto, es posible una recuperación de peso (300 gramos por día) hasta el comienzo del servicio.

Posteriormente, las vacas siguen ganando peso (400 gramos por día) hasta llegar al final del servicio, donde prácticamente vuelven al estado corporal del ciclo anterior. Este manejo permite liberar superficie de pasturas, durante otoño-invierno, para ser utilizada por las vacas luego de la restricción, además de permitir transferir el forraje excedente hacia los períodos de déficit. El manejo del recurso forrajero se realiza a partir de la clausura de potreros para permitir el crecimiento otoñal y posteriormente para ser utilizada como pastura reservada de otoño durante el período de pariciones.

Con este manejo se ha logrado índices de preñez de 93 %, de parición de 90 % y de destete de 85 % (Carrillo *et al.*, 1998). La mortandad de vacas es del 1,5 %, mientras que la pérdida de terneros parto-destete es de aproximadamente 7 %. Por otra parte, la producción de carne oscila en los 271 ± 74 kg/ha/año con una carga promedio anual que se encuentra en el orden de los $1,7 \pm 0,3$ EV/ha (Carrillo *et al.*, 1998).

2.1.b. ESTUDIOS DEL SISTEMA DE CRÍA A TRAVÉS DE MODELACIÓN Y SIMULACIÓN

La investigación de los sistemas ganaderos a escala real supone un alto grado de complejidad, principalmente por la interdependencia que existe entre el suelo, la pastura, los animales y el clima. Por lo que, la interrelación entre estos componente torna más complejo el análisis de los sistemas a escala real. Sin embargo, los modelos de simulación pueden contribuir a reducir, el número de variables involucradas y permiten evaluar sólo aquellas propuestas más prometedoras a una escala real (Mares *et al.*, 2009).

En los últimos diez años, diversos trabajos a nivel internacional han evaluado el desempeño de los sistemas de cría vacuna a través de la modelación: Tess (2000); Teague; Foy, (2002); Díaz Solis *et al.*, (2003); Sikkhalazo, (2005); Reisenauer Leesburg *et al.* (2007); Morales (2007); Teague *et al.* (2009); Le Gal *et al.* (2009), entre otros. En Argentina esta problemática ha sido abordada en estudios a nivel local: Berger *et al.* (2002 a y b); Ponssa *et al.* (2003); Romera *et al.* (2004); Romera *et al.* (2005 a, b y c); Feldkamp (2004), entre otros.

Los modelos elaborados para situaciones de Argentina involucraron evaluaciones a nivel productivo, con distinto nivel de mecanicismo. En algunos casos se representa la

interacción entre pastura y animal con la capacidad de evaluar efectos sobre crecimiento y utilización de la pastura así como interacciones con el clima y la carga animal.

Berger *et al.* (2002 b) mostraron cómo los criterios y las decisiones de manejo pueden afectar el resultado global de la empresa. Para ello, simularon el impacto que genera la aplicación de diferentes alternativas de manejo en un rodeo de cría sobre los resultados reproductivos, físicos y económicos del sistema. Se evaluó el efecto de la fecha de inicio del servicio de primavera-verano de 90 días sobre los parámetros del sistema. Se plantearon cuatro diferentes fechas de inicio del servicio: septiembre; noviembre; enero y marzo. Los resultados indicaron que, cuando el servicio se realizaba a partir de marzo la preñez resultó ser la inferior determinando un impacto negativo sobre las respuestas productiva y económica del sistema.

Por su parte, Ponssa *et al.* (2003), a través de la aplicación de un modelo matemático, evaluaron el efecto que producía la variación de la tasa de preñez sobre los resultados a nivel productivo y económico del sistema. Para ello, se consideró un campo representativo de la Cuenca del Salado con servicio estacionado durante 90 días. Los autores encontraron que una reducción en la tasa de preñez impactaba negativamente sobre el margen bruto de la empresa, disminuyendo a razón de 3 \$/ha por cada unidad de disminución en la tasa de preñez.

Feldkamp (2004) desarrolló un modelo de simulación de un sistema de cría a fin de evaluar el efecto de diferentes técnicas de manejo sobre el comportamiento de los sistemas en la región centro-nordeste de la Provincia de Entre Ríos. Se plantearon diferentes estrategias de intervención entre ellas la selección de la carga animal. El comportamiento del sistema fue evaluado a través de su estabilidad, sustentabilidad y eficiencia mediante indicadores físicos y económicos. Las cargas animal objetivo fueron: 0,3; 0,5; 0,7 y 1,0 cab/ha tomando como control la carga de 0,5 cab/ha debido a que esta era la carga más común en la región. Los resultados indicaron que las cargas que lograban mantener la sustentabilidad en el sistema también mejoraban en los resultados económicos a corto y a largo plazo.

Romera *et al.*, (2004) desarrolló un modelo de simulación de un sistema de cría que permitió evaluar distintas estrategias de intervención sobre la base inicial del modelo real de Reserva 6 de la EEA Balcarce y con la base climática local (Romera *et al.*, 2005 a, b, c; Romera *et al.*, 2008). Este modelo incluyó un submodelo de crecimiento de pasturas descrito por McCall; Bishop-Hurley (2003) que se caracteriza por ser sensible al clima y

al estado de las pasturas. A su vez, el modelo incluyó un conjunto de reglas de decisión, las cuales representaron las diferentes opciones de manejo dependiendo de las condiciones cambiantes de acuerdo a estrategias predeterminadas.

En una primer instancia de evaluación, Romera *et al.* (2005 a), analizó el impacto que generaba en el sistema la implementación de diferentes niveles de carga animal y diferentes políticas de corte de forraje para la confección de heno (fechas y biomasa aéreas) bajo un sistema rígido de manejo. Para ello, dos variables relacionadas a la política de cosecha fueron estudiadas: la superficie y la acumulación de heno para cosecha. El funcionamiento del sistema se basó en un conjunto de reglas de decisión dentro de un manejo rígido. Se establecieron combinaciones de 5 superficies a henificar (20, 30, 40, 50, 60 %), sumado a la opción de no confeccionar heno, 4 masas de corte (3, 4, 5, 6 tn/MS/ha) y 7 niveles de carga animal (1,7; 2,0; 2,3; 2,6; 2,9; 3,2; 3,5 cab/ha). Los autores encontraron que todas las políticas de confección de heno fueron mejores en términos de productividad y estabilidad respecto a las alternativas donde el heno no era confeccionado. Por otra parte, la combinación de 30 ha y 6 tn/MS/ha para confeccionar heno (manejo similar al de Reserva 6, descrita en punto 2.1.a. de esta sección) estuvo incluida dentro del rango de mayor productividad y estabilidad. Sin embargo, esta estrategia fue superada cuando la confección de heno se realizaba a menor masa de corte. Romera *et al.* (2005 b) sostiene que la mejora en la calidad del forraje, incrementaría los resultados productivos del sistema, lo que indicaría que cosechar heno en un estado más temprano respecto al momento de cosecha de heno adoptado en la Reserva 6 incrementaría los beneficios dentro del sistema al mejorar los resultados productivos.

Posteriormente, Romera *et al.* (2005 b) evaluó el efecto de incorporar flexibilidad dentro de un calendario de políticas de confección de heno. Para ello, continuando con la misma base de estrategias en cuanto a carga animal y acumulación de forraje para heno del primer trabajo (Romera *et al.*, 2005 a), incorpora una mayor número de variantes dentro del área destinada para confección de heno (20, 30, 40, 50, 60, 70, 100 %, ilimitado). Estos autores encontraron que una estrategia flexible (cerrar superficie en función de las condiciones particulares de cada año) generaba un incremento en la productividad promedio, con una reducción en la variabilidad del sistema. En el trabajo se enfatiza que cosechar más heno del que se requiere para el próximo período invernal puede actuar como un “*buffer*” permitiendo reducir la variabilidad del sistema, aunque aclara que, esta

función de amortiguación no resultaría efectiva si la carga animal es alta y podría ofrecer escasos avances si la carga animal es relativamente baja.

En un tercer trabajo de la serie, Romera *et al.* (2005 c) realizaron una comparación de estrategias de cosecha de heno a través de la exploración del riesgo dentro de los sistemas de cría. Según los autores, la cosecha de heno puede permitir incrementar la seguridad al contar con un recurso forrajero, permitiendo generar un cierto grado de independencia ante las fluctuaciones en la variabilidad climática, dando como resultado un menor riesgo dentro del sistema. Para evaluar las diferentes opciones de cosecha de heno, se utilizó el procedimiento de presupuesto parcial (ingresos por venta de animales - costo de producir el heno), siendo el mismo expresado en kilogramos de ternero. Para el análisis de los resultados se utilizó la técnica de frontera de eficiencia de riesgo, comparando un calendario fijo (Romera *et al.*, 2005 a) versus un calendario flexible de manejo (Romera *et al.*, 2005 b). De los resultados se desprende que, todas las alternativas basadas en un calendario flexible tuvieron un mayor presupuesto parcial en comparación a usar un calendario fijo de manejo. Por otra parte, las alternativas de no confeccionar heno se excluyeron dentro de la frontera de eficiencia de riesgo. A su vez, dentro de las estrategias de confeccionar heno se observó que cortando con masas de corte medias y bajas con un 30-40 % de área los resultados del presupuesto parcial mejoraban. Los autores concluyen que incorporar flexibilidad dentro de las estrategias de corte para la confección de heno ofrece avances en términos de atenuar el riesgo implícito que produce la variabilidad climática en los sistemas de producción.

En otro trabajo Romera *et al.* (2008) exploraron otras alternativas de manejo mediante el uso de reglas de decisión que incluían diferente época de parición (invierno o primavera) y duración de la lactancia en la región denominada Cuenca del Salado (Argentina). En general, los resultados del estudio indicaron que la parición otoñal podría ser una alternativa adecuada para ser implementada en esta región. Sin embargo, para aprovechar todo su potencial, la edad al destete debería ser mayor respecto a que si la parición se realizaba en primavera.

Dos aspectos centrales emergen de estos trabajos de modelación y simulación. El primer aspecto es la existencia de ventajas respecto a la contribución de las simulaciones en explorar diferentes alternativas a largo plazo, que a nivel real serían dificultosas de realizar por costo, tiempo y por la interacción que juegan los diferentes componentes del sistema. El segundo aspecto es la relevancia que posee el uso de un conjunto de

acciones o reglas de decisión flexibles, como una herramienta para mejorar los resultados productivos de los sistemas.

De aquí, se destaca la importancia de ahondar sobre el uso reglas de decisión en el manejo de los sistemas ganaderos, principalmente al momento de planificar una estrategia de producción. Por lo tanto, a continuación se presenta una revisión acerca del uso de las mismas y su nexos con los sistemas pastoriles.

2.2. SUBSISTEMA MANEJO: LA UTILIDAD EN EL USO DE REGLAS DE DECISIÓN EN LOS SISTEMAS PASTORILES

El manejo de un sistema de producción involucra acciones tendientes a lograr objetivos explícitos e implícitos. Entre los primeros están: reducción de costos, riesgos y beneficio económico. Entre los segundos se encuentran mantener el status social. En esta tesis se abordan reglas que consideran solamente los primeros.

Una regla de decisión es una manera de simplificar la forma de manejo del mundo real (Woodward *et al.*, 2008). El uso de reglas de decisión permite organizar este manejo al formalizar y estandarizar las decisiones que se toman habitualmente dentro de los sistemas pastoriles. Los modelos de simulación han contribuido a la formalización de reglas de decisión como por ejemplo, las estrategias de las explotaciones que se han basado en la planificación de un calendario basados en reglas de decisión (McCown, *et al.*, 1994; Aubry *et al.*, 1998; Shaffer; Brodahl, 1998; Illius *et al.*, 1998; Coléno; Duru, 1999; Attonaty *et al.*, 1999; Romera *et al.*, 2004; Cross *et al.*, 2004; H'elias *et al.*, 2008; Gal *et al.*, 2009).

Los sistemas de manejo basados en reglas de decisión pueden ofrecer la oportunidad de aproximar o proponer opciones de manejo principalmente cuando estas se relacionan con las condiciones dinámicas en las explotaciones (Shaffer; Brodahl, 1998). El conjunto de reglas debería capturar la información identificando cada operación en la explotación en una secuencia a lo largo del año (Shaffer; Brodahl, 1998). Existe una diferencia conceptual entre una regla de decisión y un conjunto de reglas dado que, la primera representa una actividad operativa, mientras que la segunda se refiere al total de estrategias de manejo en un establecimiento (Romera *et al.*, 2004; Woodward *et al.*, 2008).

Un conjunto de reglas permite decidir cómo adaptar la estrategia a los eventos particulares que se van sucediendo, por ejemplo, ante condiciones climáticas atípicas (Cross *et al.*, 2004) o eventos inciertos (Attonaty *et al.*, 1999).

Otro aspecto interesante es que el uso de un conjunto de reglas que contemplen una mayor cantidad de situaciones de variabilidad climática existente puede mejorar la flexibilidad en el manejo del sistema. Tal es el caso del trabajo de Romera *et al.* (2005 b), en donde se observa que un calendario flexible de manejo puede ofrecer avances en la mejora productiva del sistema.

Sin embargo, Attonaty *et al.* (1999) mencionan que en muchos casos no se trata sólo de disponer de estrategias de manejo para reaccionar ante las variaciones ambientales sino se trata de que por medio de ellas se pueda ejercer una actitud reactiva ante eventos que no pueden ser anticipados.

Entendiendo el concepto de las reglas y relacionando la importancia que adquieren en el manejo de los sistemas pastoriles es necesario comprender ahora como las mismas se insertan dentro de los sistemas. Para ello entonces, se hace necesario conocer los aspectos más relevantes de los diferentes componentes que lo constituyen (pastura, animal) a fin de destacar cuál es el aspecto más importante que se deberá tener en cuenta de cada uno de ellos para la formulación del conjunto de reglas de decisión que posteriormente, y según los objetivos, serán utilizadas en el sistema.

2.3. COMPONENTES DE LOS SUBSISTEMAS GANADERO Y PASTURAS

Los subsistemas nos permiten dividir el sistema entero en partes más manejables y fáciles de entender. Gran parte de la diferencia entre un sistema y un subsistema depende de nuestro punto de vista y de dónde fijemos el límite del sistema según nuestro propósito de análisis (Wadsworth, 1997).

Una vez definido los límites del sistema, consecuentemente se determinarán los subsistemas. El mayor conocimiento de los componentes que lo conforman y la interrelación entre ellos, permitirá mejorar el abordaje en la elaboración de las reglas de decisión. A su vez, dada la intrincada relación que existe entre ellos, las reglas de decisión se formarán considerando componentes de uno y otro subsistema. Las estrategias del manejo del pastoreo no pueden ser tomadas sin considerar la biomasa área de la pastura a lo largo del año, su calidad (subsistema pasturas), la estructura del

rodeo, la carga animal, la performance animal, y los cambios en la condición corporal a lo largo del año (subsistema ganadero). Es por ello, que a continuación se amplían algunos conceptos referentes a estos subsistemas de manera de mejorar la comprensión del funcionamiento de los mismos para luego volcarlos en el conjunto de reglas de decisión que formarán parte de un sistema pastoril en particular.

2.3.1. MÉTODOS DE PASTOREO Y CARGA ANIMAL

Muchos de los trabajos en pasturas han indicado que el método de pastoreo posee una alta influencia sobre los resultados a nivel de pastura y del estado del animal, estando algunos autores a favor con el pastoreo rotativo (Rogler, 1951; Kothmann *et al.*, 1971) y otros con el pastoreo continuo (Smoliak, 1960; Owensby *et al.*, 1973; McCollum *et al.*, 1999). Sin embargo, Briske *et al.* (2008) en un trabajo de revisión sobre pastoreo rotativo y continuo, indicaron que es muy difícil establecer qué tipo de manejo es mejor debido a que las experiencias han diferido en las condiciones ambientales, el tipo de especie utilizada, la carga animal, entre otros. En su revisión, Briske *et al.* (2008) estableció comparaciones para resumir las respuestas de producción vegetal, animal y del sistema para los pastoreos rotativo y continuo. Para ello agruparon los ensayos en donde la carga animal fue igual para ambos métodos de pastoreo, menor en pastoreo continuo frente al rotativo o se comparaban los ensayos utilizando todas las cargas. Cuando la carga animal era similar para ambos métodos o se incluían todas las cargas, no se observaron diferencias significativas en términos de producción vegetal o animal por hectárea. Este estudio no identificó ventajas del pastoreo rotativo con respecto al continuo, donde la mayor variabilidad asociada a la producción de plantas y la producción animal estarían dadas no por el método de pastoreo sino por la carga animal aplicada y la variación en las condiciones climáticas imperantes. Briske *et al.* (2008) concluyeron que, en general, no existe un método de pastoreo (rotativo o continuo) que asegure el logro de las metas propuestas ya que cada uno de ellos posee limitantes propias del régimen de pastoreo.

2.3.2. RELACIÓN DE LA CARGA ANIMAL CON LA PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y LOS RESULTADOS ECONOMICOS DEL SISTEMA

La carga animal es el componente más importante del manejo del pastoreo desde el punto de vista de la vegetación, el ganado y el retorno económico dentro del sistema (Riechers *et al.*, 1989). La misma se define como el número de animales por unidad de área presentes durante un período determinado de tiempo (Hodgson, 1990; Thorne; Stevenson, 2007). Durante los últimos 60 años un gran número de investigaciones desarrollaron y utilizaron modelos conceptuales para evaluar el impacto de la carga animal sobre la respuesta de la pastura y de los animales (Harlan, 1958; Mott, 1960; Riewe, 1961; Petersen *et al.*, 1965; Owen; Ridgman, 1968).

De todos estos modelos propuestos, el de Mott (1960) fue el que tuvo, probablemente la mayor influencia sobre los trabajos realizados en pasturas y animales (Jones; Sandland, 1974). Este modelo relaciona la carga animal con la producción individual y por hectárea. Sin embargo, una de las mayores críticas que sufrió el modelo fue que el número de puntos para generar las ecuaciones era limitado y que presentaba una cierta complejidad en su análisis. A fin de solventar las discrepancias frente al modelo de Mott (1960), Jones; Sandland (1974) propusieron un nuevo modelo sustentado en un amplio rango de cargas y con un mayor número de datos, donde para su estimación se incluyeron los utilizados por Mott (1960) y datos que involucraban diferentes tipos de pasturas (pasturas tropicales y templadas de leguminosas-gramíneas; pasturas tropicales y templadas fertilizadas).

Jones; Sandland (1974) encontraron que la ganancia individual sigue una tendencia lineal en función de la carga animal. La producción por hectárea presentó un ajuste cuadrático de la forma $y = ax - bx^2$ (y = la producción por hectárea, x = la carga animal, a = efecto lineal sobre la producción, b = efecto curvilíneo sobre la producción), donde la máxima producción ocurría cuando $x = a/2b$. De esta manera, el modelo predijo valores negativos para la ganancia por animal cuando la carga era superior al doble de la óptima, y no cuando la carga era de un 50% superior como lo había sugerido Mott (1960).

El conocimiento de cuál es el modelo que sigue la producción por hectárea en función de la carga animal, resulta de vital importancia para estimar la carga animal en la cual se obtiene la máxima producción física del sistema. Sin embargo, el éxito de los sistemas

pastoriles depende no sólo del aumento de la producción física sino también del retorno económico que se obtiene de una producción determinada (Ohlenbusch; Watson, 1994).

En líneas generales, la carga animal en donde se maximiza la producción por hectárea puede no coincidir con la carga económicamente óptima (Bement, 1969; Hodgson, 1976; Hart *et al.*, 1988; Cornner *et al.*, 1993; Wachenheim *et al.*, 2000). Según dichos autores la carga óptima para producir la mayor productividad económica se encuentra por debajo de la carga óptima para producir la máxima productividad física del sistema, debido principalmente a que el valor por unidad de producto tiende a caer por el aumento de los costos.

En un sistema, la carga animal utilizada debe permitir el logro de una respuesta animal, que sea física y económicamente viable, sin afectar negativamente el posterior rebrote del forraje. Sin embargo, en muchos casos las obligaciones financieras y períodos de bajas precipitaciones pueden llevar a los sistemas a presentar una carga animal por encima de la carga óptima del mismo (White; McGinty, 1992). Como consecuencia, el recurso forrajero es afectado y esto conduce a una caída que indefectiblemente afecta el resultado económico del sistema. Sin embargo, los autores argumentan que si los suministros de forraje y las necesidades financieras se supervisan cuidadosamente, y si las decisiones son tomadas a tiempo la mayoría de las crisis pueden evitarse. Tal es el caso de los trabajos realizados por Romera *et al.* (2005 a, b, c), donde se indican que cargas moderadas con la confección de reservas forrajeras con mediana disponibilidad pueden mejorar los resultados económicos y reducir la variabilidad propia del sistema.

2.3.3. RELACIÓN DE LA CARGA ANIMAL CON LOS ANIMALES Y LAS PASTURAS

Desde el punto de vista del animal, la carga afecta el estado nutricional de los vientres, estando éste relacionado con los niveles reproductivos de los mismos. Dziuk; Bellows (1983) y Montiel; Ahuja (2005) sostienen que el estado nutricional del pre- y post-parto posee una influencia directa en la respuesta reproductiva.

Hess *et al.* (2005) indican que una estrategia de manejo para evitar la caída en la respuesta reproductiva sería ofrecer una ración totalmente balanceada durante el último tercio de gestación y comienzos de la lactancia, seleccionando los ingredientes en función a su costo a fin de reducir la carga financiera asociada con el mantenimiento del sistema de producción.

Una forma de evaluar el estado nutricional de los vientres es a través de la condición corporal (CC). La CC ha sido utilizada como una herramienta en los programas de alimentación de un rodeo de cría en momentos críticos del ciclo productivo anual (Morris *et al.*, 2009). La misma representa una evaluación subjetiva visual y/o táctil de la cantidad de grasa subcutánea en un animal (Domecq *et al.*, 1995), siendo una técnica de fácil aprendizaje que no requiere de equipamiento y, aunque su evaluación es subjetiva, se comprobó que provee datos confiables cuando se relaciona con la cobertura de grasa subcutánea (Edmonson *et al.*, 1989; Domecq *et al.*, 1995; Pryce *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2002).

La forma para evaluarla es a través de un sistema de escalas que pueden ir desde 0 hasta 5 (0: emaciada, 5: extremadamente gorda; Lowman *et al.*, 1976, citado por Wright; Russel, 1984) o desde 1 hasta 9 (1: severamente emaciada, a 9: extremadamente gorda; Richards *et al.*, 1986). Diversos autores han estudiado cuál sería la CC crítica y en qué momento del ciclo fisiológico del vientre se afecta en mayor medida la preñez de los mismos. Valores de CC al servicio entre 4-4,5 y 5-5,5 (escala 1-9) (Renquist *et al.*, 2006; Feldkamp *et al.*, 2005 b), o al parto entre 5-7 (escala 1-9) (Short *et al.*, 1990) dan como resultado un aumento en la tasa de preñez respecto a vientres con menor CC.

Burges; Romera (2003) y Drennan; Berry (2006) sostienen que vientres que presentan una mejor CC durante el posparto, comienzan a ciclar antes y, por ende, la probabilidad de preñarse antes es mayor comparada con una vaca en menor CC.

Eversole *et al.* (2009) indicaron la importancia de monitorear la CC en momentos claves a fin de poder realizar ajustes al destete, los cuales se establecieron a los 60-90 días antes del parto y al parto para que los vientres puedan llegar al servicio con adecuada CC. Estos autores, sostienen que lograr una CC de 5 o más (en escala 1-9) antes del parto y durante el ciclo de producción, es clave para lograr ganancias en las operaciones con rodeos de cría. Esto puede llevar a mejorar la respuesta reproductiva y producir un impacto económicamente positivo dentro del sistema productivo.

Por lo tanto, para lograr los valores de CC antes mencionados es necesario realizar un manejo eficiente de la carga animal y de la oferta forrajera. En los rodeos de cría base pastoril, las pasturas se presentan como una alternativa para cubrir el pilar de alimentación. Sin embargo, para que la misma resulte productiva es necesario considerar aspectos básicos de manejo a fin de lograr una solución de compromiso entre la alta

producción y eficiencia de producción de forraje y su consecuente respuesta representada como producto animal.

La calidad del forraje determina la cantidad de energía y de nutrientes que los animales pueden adquirir a partir de la ingesta del mismo (Briske *et al.*, 2008), estando relacionada con el tipo de especie, la temperatura, el estado de madurez, la relación hoja:tallo y la fertilización.

La pared celular ejerce una gran influencia en la digestibilidad del forraje. Así, a medida que la estación de crecimiento transcurre, la digestibilidad comienza a declinar por el aumento en la pared celular. Los tallos usualmente presentan una menor digestibilidad comparado con las hojas, siendo este efecto más marcado a medida que la estación de crecimiento avanza (Buxton, 1996). El contenido de proteína en la planta también disminuye como consecuencia del avance en el crecimiento. En líneas generales el contenido de proteína en los tallos es menor que en hojas por lo que, a medida que el estadio fenológico avanza y la proporción de tallos aumenta el nivel de proteína disminuye (Ballard *et al.*, 1990). Trabajos realizados a nivel local sobre materiales de *Thinopyrum ponticum* indican que a medida que aumentan los días de rebrotes tanto la digestibilidad (74 al 42 %) como la proteína (13,3 al 5,6) disminuyen (Santucho, 1993).

La carga animal también ejerce una influencia sobre la calidad del forraje dado que una mayor frecuencia de pastoreo reduce la tendencia a incrementar los tejidos estructurales de la planta y, como consecuencia, el animal consume un alimento de mejor calidad (Walker *et al.*, 1989).

La composición de especies es otro aspecto a ser considerado dentro del manejo del pastoreo. El animal ejerce influencia sobre la composición botánica al seleccionar determinadas especies en detrimento de otras, siendo este efecto más marcado a medida que la presión de pastoreo es menor (Pearson; Ison, 1997). A su vez, también el ciclo de crecimiento de las especies y su consecuente manejo con el animal repercuten sobre los cambios en la composición botánica. Existen especies que necesitan descansos para florecer, para asegurar un banco de semillas y producir la nueva generación de plantas; el pastoreo podría afectar negativamente la persistencia de la especie al interferir en ésta etapa generando como consecuencia cambios en la composición botánica de la pastura (Pearson; Ison, 1997).

La carga animal ejerce una influencia directa sobre la productividad de las pasturas al afectar directamente el crecimiento de la misma. Así, cuanto mayor sea la intensidad de

pastoreo, menor será el IAF que podrá captar la radiación solar para ser transformada en energía química. Si la defoliación es frecuente se tendrá tejido joven con alta eficiencia fotosintética aunque en baja cantidad (Briske *et al.*, 2008).

2.3.4. RELACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO DEL FORRAJE, LA ALTURA DE LA PASTURA Y LA RESPUESTA ANIMAL

El logro de una respuesta animal adecuada y el uso eficiente del forraje requiere de un compromiso óptimo entre la productividad de la pastura y la remoción del forraje por parte del animal (Baker, 1988).

La altura de la pastura es determinante de su producción y de la respuesta animal ya que contribuye a definir el consumo animal y la cantidad de área foliar disponible para la intercepción de la radiación solar (Carvalho *et al.*, 2009). Si bien no se descarta la importancia que adquieren otras características de las pasturas como su densidad y la morfología de la canopia en la respuesta del animal (Laca *et al.*, 1992; Barrett *et al.*, 2001) se reconoce que la altura ha sido utilizada como el criterio principal de manejo pastoril (Hodgson, 1990; Realini *et al.*, 1999).

Bircham; Hodgson (1983) y Agnusdei *et al.* (2007) indicaron que existe una relación de tipo lineal entre el índice de área foliar (IAF) y la altura de las pasturas. El IAF resulta del producto entre las características morfogénicas (tasa de aparición y elongación de hojas y vida media foliar) y estructurales de la planta (tamaño de la hoja, densidad de macollos y hojas por macollo), las cuales dependen de la temperatura, la nutrición nitrogenada, el estatus de agua y otros factores (Figura 2, Chapman; Lemaire, 1993).

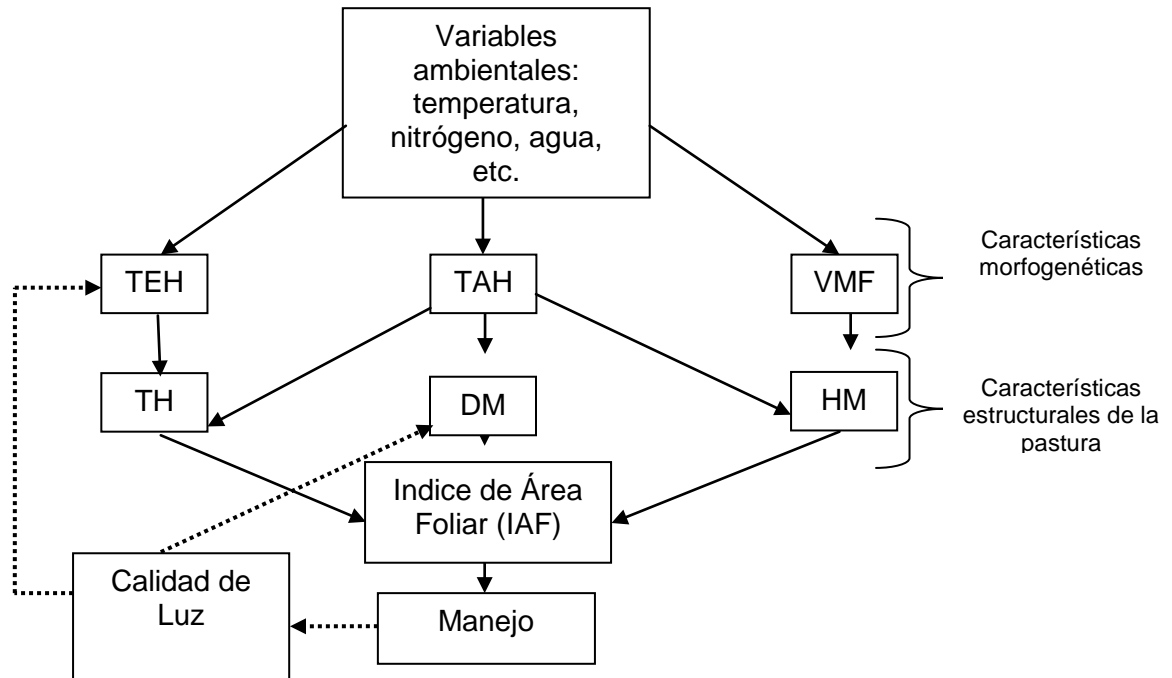


Figura 2. Relación entre las características morfológicas y estructurales de las pasturas (Chapman; Lemaire, 1993). TEH= tasa de elongación de la hoja; TAH= tasa de aparición de hojas; VMF= vida media foliar; TH= tamaño de hoja; DM= densidad de macollos; HM= hojas por macollo; IAF= índice de área foliar.

El IAF está estrechamente relacionado con el crecimiento de las pasturas debido a que está asociado con la capacidad de capturar energía lumínica para la fotosíntesis y, como consecuencia, en el abastecimiento de las funciones de crecimiento (Chapman; Lemaire, 1993).

Bircham; Hodgson (1983) evaluaron los flujos de crecimiento en *Lolium perenne* cuando se pastoreo en forma continua con ovinos y encontraron que tanto el crecimiento bruto como el crecimiento neto (CN) se incrementan en forma asintótica, mientras que la senescencia se incrementa de manera lineal en función a la biomasa o altura de la pastura. En estas condiciones el CN se mantenía relativamente constante dentro de un rango de IAF entre 2 y 5, debido a los mecanismos compensatorios entre el tamaño y la densidad de macollos. También encontraron que este mayor CN se correspondía con valores de altura de la pastura entre 3-6 cm.

Algunos trabajos indican que esta amplia plasticidad fenotípica presente en *Lolium perenne* está ausente en otras especies (Xia *et al.*, 1994; Cordero, 1996; Agnusdei *et al.*, 2007). Aunque, esto no significa que los principios básicos en la dinámica de crecimiento resulten carentes de validez para otras especies. De hecho Agnusdei *et al.* (2007) observaron que las funciones matemáticas propuestas para *Lolium perenne* explicaron adecuadamente los flujos de crecimiento y senescencia de forraje en pasturas de *Thinopyrum ponticum* manejadas bajo pastoreo continuo de vacunos (Figura 3).

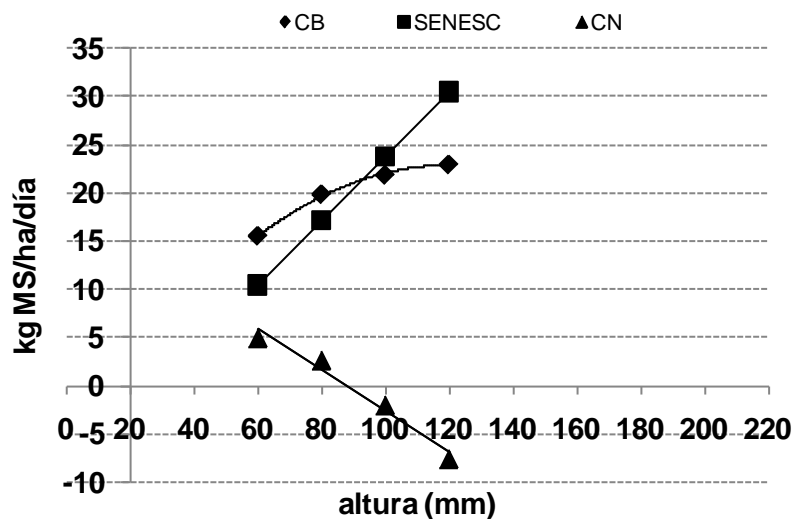


Figura 3. Relación entre la altura de la pastura (mm), el índice de área foliar (IAF) y el crecimiento bruto (CB), senescencia (SENEC) y crecimiento neto (CN) en una pastura de *Thinopyrum ponticum* en otoño (Agnusdei *et al.*, 2007). CN calculado como la diferencia entre CB-SENEC.

El crecimiento neto de forraje (CN) puede ser usado para comparar la respuesta de los sistemas pastoriles. Sin embargo, las mediciones de CN pueden requerir demasiado tiempo y labor, por lo que se recurre a utilizar el criterio de altura debido a la estrecha relación que existe entre ellas (Louault *et al.*, 1997). Varios autores señalan que la altura en la cual se observa el mayor CN depende del tipo de especie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rangos de altura (cm) de la pastura e índice de área foliar en los cuales se obtiene la máxima tasa de crecimiento neto en diferentes especies bajo pastoreo continuo.

| Especie | Altura (mm) | Máxima tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) | Biomasa aérea total (kg MS/ha) | IAF estimado | Estación | Autores |
|----------------------------|------------------------|--|---|-------------------------|------------------------------|--|
| <i>Lolium perenne</i> | 30-50 | 118 | 1200- 1250 | 2,5-3,0 | Primavera- verano | Bircham; Hodgson (1983) |
| <i>Festuca arundinacea</i> | 80- 100 | 28 | 1183- 1357 | 1,7-2,0 | Comienzos de primavera | Cordero (1996); Agnusdei <i>et al</i> , (2007) |
| | 60- 120 | 23 | 1032- 1493 | 1,1-1,8 | Fin de primavera | Cordero (1996); Agnusdei <i>et al</i> , (2007) |
| <i>Thinopyrum ponticum</i> | 61 | 25 | 1647 | 1,4 | Otoño | Burghi, (2006), Agnusdei <i>et al</i> , |
| | 93 | 36 | 1105 | ND | Primavera | (2007) |

ND=dato no disponible

Existen diferentes dispositivos para la medición de alturas, entre ellos la regla graduada o “*sward stick*” (Hodgson, 1990). La bibliografía indica que este tipo de dispositivo resulta ser un método indirecto de utilidad para estimar la biomasa aérea de forraje (Hodgson, 1990; Machado *et al.*, 2003; Martin *et al.*, 2005). Numerosos trabajos

donde el manejo del pastoreo se basa en mediciones de altura de la pastura han utilizado este método (Bircham; Hodgson, 1984; Lowman, *et al.*, 1988; Hutchings *et al.*, 1992; Marxvell, *et al.*, 1994; Cordero, 1996; Realini, *et al.*, 1999; Agnusdei; Mazzanti, 2001; Gekara, *et al.* 2001; Gutheim, 2002; Larregain, 2002; Burghi, 2006).

La altura en la cual se ha observado un compromiso aceptable entre la biomasa aérea de forraje y la respuesta animal depende de la especie vegetal y del tipo de animal. Realini *et al.* (1999) encontraron que mantener la altura de la pastura en 10 cm ofrece ventajas con respecto a 5 cm, en términos de producción individual y por hectárea cuando trabajaron con novillos británicos sobre pasturas de *Lolium perenne* y *Trifolium repens*. Asimismo, Lowman *et al.* (1988) trabajaron con novillos sobre pasturas de *Lolium perenne* y observaron las mayores ganancias de peso cuando la altura de la pastura estaba en 10 cm comparada con alturas de 7 cm.

Por su parte, Carvalho *et al.* (2009) obtuvieron la mejor producción individual y por hectárea con alturas en el rango de los 10-15 cm con ovinos sobre *Lolium multiflorum*.

Gekara *et al.* (2001) sugiere que es posible mantener la respuesta de vacas de cría con una altura de la pastura en el orden de los 7 cm, en una pastura compuesta por *Poa pratensis*, *Lolium perenne* y *Trifolium repens*.

Gutheim (2002), evaluó la productividad de bovinos (vaquillonas) bajo pastoreo continuo de *Thinopyrum ponticum* durante el período primavero-estival observando que alturas menores a los 7 cm podrían llevar a reducciones en la respuesta animal (Gutheim, 2002).

2.4. ALTERNATIVAS DE MANEJO EN RODEOS DE CRÍA

La curva de producción de forraje presenta una variación estacional con mínimas tasas de crecimiento en invierno y máximas en primavera (Burges; Romera 2007). Dada la influencia que posee la estacionalidad forrajera sobre la productividad física y los resultados económicos, el manejo de los sistemas debe poner especial énfasis en evaluar estrategias que permitan transferir el forraje desde el período de excedente hacia el período de déficit forrajero. En tal sentido, el uso de reservas forrajeras puede operar como “*buffer*” contribuyendo a atenuar el efecto adverso de las condiciones climáticas presentes en los sistemas (Romera *et al.*, 2005 a, b, c).

Estudios realizados por “*The Scottish Agricultural College*” (Publicación N° 128, 1984) a escala real proponen manejar las pasturas a través de un método del uso de reservas forrajeras denominado *buffer grazing system*. Este tipo de manejo se basa en el pastoreo continuo y en la generación de un área de reserva, que actúa como *buffer*, cuando la altura de la pastura excede ciertos límites. De esta manera, el área clausurada posteriormente se destina para la confección de reservas forrajeras. Esta alternativa también fue evaluada utilizando como *buffer* otros tipos de alimento, como por ejemplo silajes, henos o concentrados, sumado a la combinación de encierres durante las época de bajas temperaturas (Poole, 1985; Phillips; Leaver, 1985 a y b; Illius *et al.*, 1987; Tait *et al.*, 1988).

En todos los casos, la utilización del *buffer* permitió reducir la variabilidad dentro del sistema, aunque Illius *et al.* (1987) y Tait *et al.* (1988) encontraron algunos inconvenientes en cuanto al manejo de la altura. Por ejemplo, Illius *et al.* (1987) demostraron que manejar alturas de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* por debajo de 3 cm resulta impracticable ya que afectaba la respuesta animal. Mientras que Tait *et al.* (1988) encontraron que las mayores ganancias se lograron cuando la altura de la pastura se encontraba entre 10-15 cm aunque existió una gran dificultad para mantenerla dentro de este rango.

El sistema de *buffer grazing* ha sido estudiado en diversas variantes. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las pruebas se realizaron en regiones frías, con encierro de los animales durante todo el invierno y pastoreo sólo en primavera verano. Además, en muchos de esos casos, se incluía la compra de suplementos forrajeros. Resulta de interés evaluar el desempeño de este método con animales en pastoreo todo el año, sin importación de alimentos, y como resultaría el ajuste entre la carga animal, el manejo a través de la altura de la pastura y, consecuentemente, el resultado físico y económico del sistema.

Asimismo es necesario evaluar el conjunto de reglas de decisión que estarán acopladas con esta alternativa de manejo. A través de un cronograma flexible de reglas es posible lograr un esquema organizado de manejo que permita detectar una situación crítica con anticipación. Romera *et al.* (2005 c) mostraron como un calendario flexible de manejo mediado por reglas de decisión puede llevar a mejorar los resultados del sistema de producción. Sin embargo, aún queda por evaluar en conjunto y a escala real el comportamiento del sistema con alternativas basadas en el *buffer grazing* y mediada por reglas de decisión en un rodeo de cría base pastoril. Evaluar ésta alternativa a escala real

y con un enfoque sistémico permitirá conocer las propiedades emergentes que resultan de la interacción entre los distintos componentes del sistema de producción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR Y DURACIÓN DEL ENSAYO

El experimento se llevó a cabo en 60 ha de la Unidad de Demostración y Experimentación Adaptativa de Producción de Vacunos para Carne Reserva 6 de la EEA INTA Balcarce, ubicada en la Región Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. La experiencia comprendió dos etapas: un período pre-experimental desde julio de 2006 a marzo del 2007 y el período experimental desde marzo 2007 a marzo 2008.

3.2. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El ensayo se desarrolló sobre un suelo *Natracuol típico*. El contenido de materia orgánica estuvo en el rango de 4,2 – 6,7%, el nivel de fósforo entre 14 – 27,7 ppm y el pH fue de 9,1 – 9,8. El detalle de superposición de series y fases y descripción de las mismas se encuentran en el APÉNDICE (8.1).

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El clima de la región es subhúmedo-húmedo. La precipitación media anual se encuentra entre los 950 - 1000 mm y la temperatura media anual oscila entre los 13 y 16 °C. Para caracterizar las condiciones climáticas del año de estudio y obtener los promedios históricos de precipitación y temperatura, se utilizaron datos registrados por el observatorio meteorológico de la EEA INTA Balcarce.

3.3.1. TEMPERATURAS

Las temperaturas medias mensuales de mayo, junio, julio, agosto y noviembre del 2007 fueron ligeramente inferiores al promedio histórico, registrándose heladas durante los meses de junio (1 día), julio (12 días) y agosto (8 días). El resto del año en estudio presentó valores superiores al promedio histórico, siendo el mes de febrero de 2008 el de mayor diferencia (1,5 °C por encima del histórico, Cuadro 2).

Cuadro 2. Temperaturas medias mensuales (°C) del período experimental 2007-2008 y del período 1971-2007.

| <i>Temperatura</i> | <i>Mar'07</i> | <i>Abr</i> | <i>May</i> | <i>Jun</i> | <i>Jul</i> | <i>Ag</i> | <i>Sep</i> | <i>Oct</i> | <i>Nov</i> | <i>Dic</i> | <i>En</i> | <i>Feb</i> | <i>Mar'08</i> |
|--------------------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|---------------|
| media per. '71-'07 | 18,2 | 14,3 | 11,1 | 8,1 | 7,6 | 8,9 | 10,4 | 13,2 | 15,8 | 18,7 | 20,4 | 19,5 | 18,2 |
| media per. experimental | 18,3 | 14,9 | 9,6 | 7,6 | 6,0 | 6,8 | 12,5 | 15,0 | 14,7 | 19,6 | 21,4 | 21,0 | 18,5 |

3.3.2. PRECIPITACIONES

La Figura 4 muestra las precipitaciones medias mensuales del período experimental comparadas con el promedio histórico. La precipitación acumulada durante el período experimental fue mayor al promedio histórico (pluviometría: 1194 vs 1135 mm, respectivamente). Se observó una distribución mensual diferente, con déficit durante la primavera-verano y excesos en otoño.

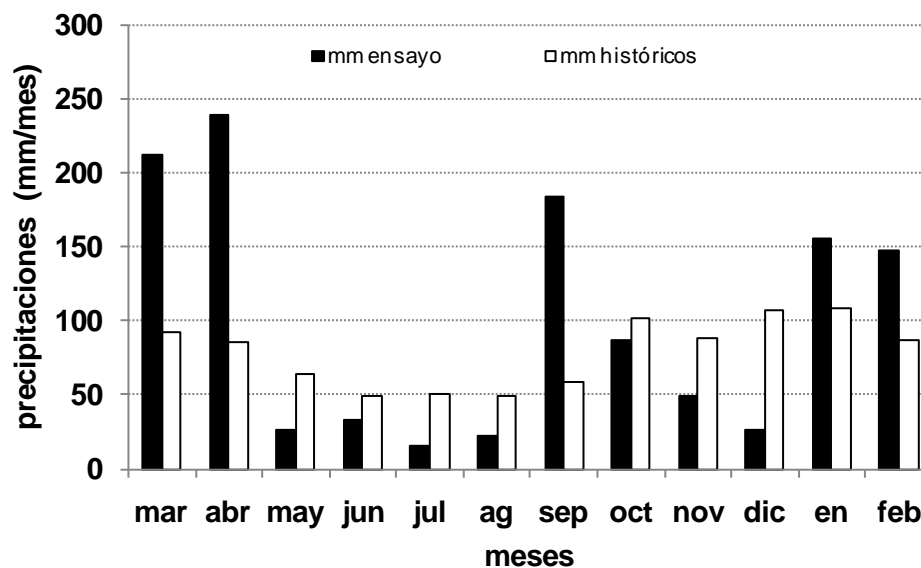


Figura 4. Precipitaciones mensuales durante el período de estudio y el promedio histórico período 1971-2007.

3.4. PASTURA

La pastura que fue utilizada en el estudio está dominada por *Thinopyrum ponticum* y, fueron fertilizadas por única vez en otoño con superfosfato triple a razón de 80 kg/ha.

3.5. TRATAMIENTOS

La pastura se dividió en 6 potreros de 10 ha cada uno a los que se asignó aleatoriamente diferentes niveles de carga animal objetivo¹ (0,9; 1,3; 1,7; 2,1; 2,5 y 2,9 cabezas/ha), las características del suelo se encuentran descritas en el Anexo 8.1. La carga animal objetivo inicial en cada potrero estuvo integrada por un 60% de vacas adultas, 20% de vacas primíparas y 20% de terneras de reposición. Los animales utilizados provenían del rodeo raza Aberdeen Angus de la Reserva 6.

El período pre-experimental incluyó el armado del rodeo y la adaptación de la pastura y los animales a las nuevas condiciones de manejo del pastoreo. Se midió semanalmente la altura (ALT) de la pastura según metodología descrita en punto 3.8.1. A medida que la ALT en cada potrero alcanzó los 10 cm, cada lote de animales ingresó al tratamiento correspondiente. La cantidad inicial de animales para cada tratamiento y los totales para los períodos pre-experimental y experimental se detallan en el Cuadro 3.

¹ Carga en la cual se pretende manejar el sistema pero que puede fluctuar por acción de las reglas aplicadas.

Cuadro 3. Carga animal objetivo (CO, cab/ha) y composición inicial del rodeo para el período pre-experimental y experimental respectivamente.

| CO (cab/ha) | Período | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------------------------|----|----|-------|---------------------------|------------------------------|----|----|-------|---------------------------|
| | Pre-experimental (noviembre 2006) | | | | | Experimental (marzo 2007) | | | | |
| | VA | VP | TR | total | Pesos promedio (kg) | VA | VP | TR | total | Pesos promedio (kg) |
| 0,9 | 5 | 2 | 2 | 9 | 370 ± 22 | 6 | 1 | 2 | 9 | 351 ± 38 |
| 1,3 | 8 | 2 | 3 | 13 | 345 ± 13 | 7 | 3 | 3 | 13 | 312 ± 25 |
| 1,7 | 10 | 3 | 4 | 17 | 362 ± 14 | 9 | 4 | 4 | 17 | 332 ± 22 |
| 2,1 | 13 | 4 | 4 | 21 | 353 ± 10 | 14 | 3 | 4 | 21 | 348 ± 18 |
| 2,5 | 15 | 5 | 5 | 25 | 364 ± 10 | 14 | 6 | 5 | 25 | 323 ± 16 |
| 2,9 | 17 | 6 | 6 | 29 | 353 ± 8 | 17 | 6 | 6 | 29 | 314 ± 15 |

VA= vaca adulta; VP= vaca primípara; TR= ternera de reposición.

3.6. MANEJO DEL PASTOREO LIGADO A REGLAS DE DECISIÓN

El sistema de manejo propuesto fue denominado: Sistema Integrado de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las pasturas cuyo acrónimo es S.I.M.P.L.E., desarrollado para un rodeo de cría vacuna. El mismo está basado en pastoreo continuo y en un conjunto de reglas de decisión basadas en ALT de la pastura y la condición corporal (CC) de los animales.

La metodología de manejo propuesta consiste en mantener ALT de la pastura en el rango de los 10-15 cm en un área del potrero denominada área de pastoreo (AP). A través del uso de una regla de decisión se intenta mantener ALT en ese rango para lo cual se puede ampliar o reducir el AP utilizando una línea de hilo eléctrico para realizar la división correspondiente. Por lo que cuando se cierra un porcentaje de AP, una nueva área se genera denominada área de clausura (AC).

Semanalmente se controló la ALT de la pastura, utilizando una regla graduada y se aplicó la regla de decisión de ALT adaptada de Hodgson *et al.* (1986) (Cuadro 4). El área de clausura (AC) se generó o amplió cuando la ALT de la pastura superó los 10 cm y se incrementó con respecto a la medición anterior, en cambio AC se redujo cuando ALT

disminuyó (Cuadro 4). El AC actúa como “buffer” y, eventualmente si no se abre, se destina para la confección de heno.

Cuando se registraron valores promedio de ALT menores a 10 cm y no hubo AC para abrir se aplicaron otras reglas de decisión (ver punto 3.7). La superficie destinada a apertura o cierre se representa como un porcentaje del 10 o 20 % (se corresponde a 1 o 2 ha para cada potrero de 10 ha), dependiendo de la regla de decisión de ALT.

El manejo del rodeo (Figura 5) consistió en mantener todas las categorías en AP durante el período que abarcó la parición a destete (septiembre a marzo). Al destete y hasta el parto (marzo a agosto), las categorías vaca primípara y ternera de reposición continuaron en AP pero la categoría vaca adulta fue transferida a un corral donde fue alimentada con heno ingresando nuevamente al AP luego del parto.

En el S.I.M.P.L.E, el período de servicio está programado con una duración de 60 días (noviembre-diciembre), asignando un toro en cada potrero (el cual permanece en el mismo potrero durante todo el período de servicio). Los toros provenían de la Reserva 6, y fueron revisados clínicamente según el plan sanitario (APÉNDICE 8.2). Por otra parte el descarte de los vientres (desgaste dental y/o vacío al tacto) y el destete se realizan a comienzos de otoño junto con el ingreso de la reposición (como máximo de un 20 %). Sin embargo, cabe aclarar que, tanto la fecha de destete como el ingreso a los corrales (alimentación con heno) pueden ser modificadas dependiendo de la necesidad de que operen algunas de las reglas de decisión (ver punto 3.7).

A mediados de febrero se realizaron ecografías a fin de detectar los vientres vacíos y anticipar posibles ventas.

Por otra parte, dentro del manejo del rodeo está prevista la aplicación de un calendario sanitario que incluye las vacunaciones contra mancha y gangrena, carbuncho, brucelosis, diarrea neonatal, tratamiento contra parásitos internos y revisión clínica de los toros. El esquema de manejo y el calendario está descrito con más detalle en el APÉNDICE 8.2.

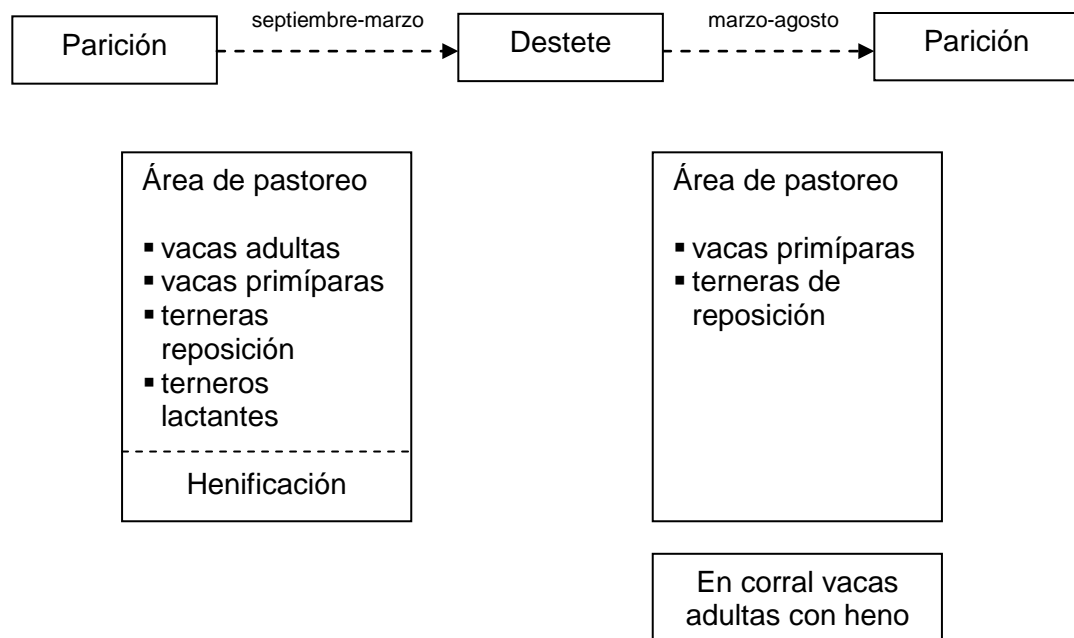


Figura 5. Manejo del rodeo de cría bajo el protocolo S.I.M.P.L.E.

3.7. REGLAS DE DECISIÓN APLICADAS AL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El conjunto de reglas de decisión puede ser descrito considerando dos aspectos principales: la ALT de la pastura y CC de los animales. Éstas operan en momentos clave permitiendo tomar decisiones ante determinadas situaciones (Figura 6).

Regla N° 0 (R0): Regla de decisión acerca de mantenimiento de ALT en AP, intenta mantener el rango de ALT entre los 10-15 cm. Esta regla actúa durante todo el año. Se consideran dos mediciones: la actual y la previa que fueron registradas semanalmente. Mediante la comparación de estas dos mediciones se decide aumentar, mantener o disminuir el AP (Cuadro 4, Figura 6).

El AP se incrementa en un 10 o 20 % cuando se registra en la pastura una ALT media o baja (10-15 cm y <10 cm, respectivamente) y además hay disminución o igualdad con respecto a la medición anterior (aumento del 10 % cuando ALT es media y del 20 % cuando ALT es baja) (Cuadro 4, Figura 6).

La decisión de no modificar el AP se toma cuando ALT de la pastura: a) es alta, pero disminuye con respecto a la medición anterior; b) es media pero no ha cambiado con respecto a la medición anterior o c) es baja pero se ha incrementado (Cuadro 4, Figura 6).

El AP es reducida si se registra en la pastura una ALT media o alta y además hay incremento o igualdad con respecto a la medición anterior (disminución del 10 % cuando ALT es media incrementándose o alta sin cambios y del 20 % cuando ALT es alta incrementándose) (Cuadro 4, Figura 6).

Cuadro 4. Ajuste porcentual del área de pastoreo (AP) para compensar los cambios en la altura de la pastura (ALT) en pastoreo continuo (adaptado de Hodgson et al., 1986).

| ALT de la pastura al momento t | Cambio de ALT en relación al momento t-1 | Porcentaje de Cambio en el área de pastoreo ¹ |
|--------------------------------|--|--|
| Alta (> 15 cm) | Bajó | 0 |
| | Sin cambio | -10 |
| | Subió | -20 |
| Media (10-15 cm) | Bajó | +10 |
| | Sin cambio | 0 |
| | Subió | -10 |
| Baja (< 10 cm) | Bajó | +20 |
| | Sin cambio | +10 |
| | Subió | 0 |

¹ 0= sin modificación de AP; -10% y -20%: reducción de AP en 10 y 20 %, respectivamente; +10% y +20%: ampliación de AP en 10 y 20 %, respectivamente.

Regla N° 1 (R1): Regla de decisión cuando la ALT llega a un nivel crítico de 5 cm. Esta regla actúa la primera semana de cada mes. Cuando ALT en AP es menor a 5 cm y no existe AC se reduce aproximadamente un 10 % la carga animal objetivo (por ventas) comenzando por las vacas más viejas y/o vacías (Cuadro 5, Figura 6).

Regla N° 2 (R2): Regla de decisión cuando la CC es crítica. Cuando la CC es menor a 2 (escala 1-5) se procede a la venta de animales (Cuadro 5, Figura 6).

Regla N° 3 (R3): Regla de decisión sobre la CC al inicio del servicio. Actúa la primera semana de noviembre (momento del inicio del entore). Cuando la CC de los vientres con ternero al pie es < 2,75 se procede a realizar el destete precoz e hiperprecoz (rango de edad esperable: 30 a 90 días) (Cuadro 5, Figura 6).

Regla N° 4 (R4): Regla de la fecha de destete en función de las reservas forrajeras. Cuando al 1° de enero el heno disponible es mayor o igual al calculado para

cubrir todo el período de alimentación con heno (≥ 720 kg de MS/vaca durante 120 días), los terneros continúan al pie de la madre hasta el 1° de marzo. De lo contrario, si el heno es insuficiente, el destete se adelanta en función de cada día de faltante de heno (en adelante se menciona como destete anticipado, Cuadro 5, Figura 6).

Esta regla se basa en el supuesto de que los requerimientos de una vaca en lactancia son el doble de los de una vaca seca en restricción, y que el heno faltante para un día de restricción es compensado por un día menos de lactancia.

Regla N°5 (R5): Regla de la fecha de ingreso a los corrales de vacas adultas en función a reservas forrajeras insuficientes. Si el heno producido es insuficiente para cubrir el total del período de alimentación con heno (≥ 720 kg de MS/vaca durante 120 días), el ingreso a corrales será retrasado en función del heno faltante por día de alimentación (Cuadro 5, Figura 6).

Regla N° 6 (R6): Regla de decisión de henificación. Si existe AC y ésta tiene más de 80 días de acumulación o presenta 10% de floración, entonces se henifica. Esta condición de henificación surge a partir de estudios previos realizados por Ricci (2007) quien recomienda evitar henificar en estados fenológicos avanzados para mejorar la calidad del heno (Cuadro 5, Figura 6).

Regla N° 7 (R7): Regla de la fecha de ingreso a corrales de vacas adultas en función a AC. Si el heno producido alcanza para todo el período de alimentación invernal (≥ 720 kg de MS/vaca durante 120 días), el ingreso a corrales de las vacas multíparas se realiza el 1° de abril. Sin embargo, si esta situación se presenta pero en el potrero existe AC, las vacas adultas continuarán en el potrero hasta una fecha máxima del 1° de mayo, fecha en la que indefectiblemente ingresarán a los corrales (Cuadro 5, Figura 6).

En el Cuadro 5 se resumen las reglas de decisión descriptas y la condición necesaria para que dichas reglas operen.

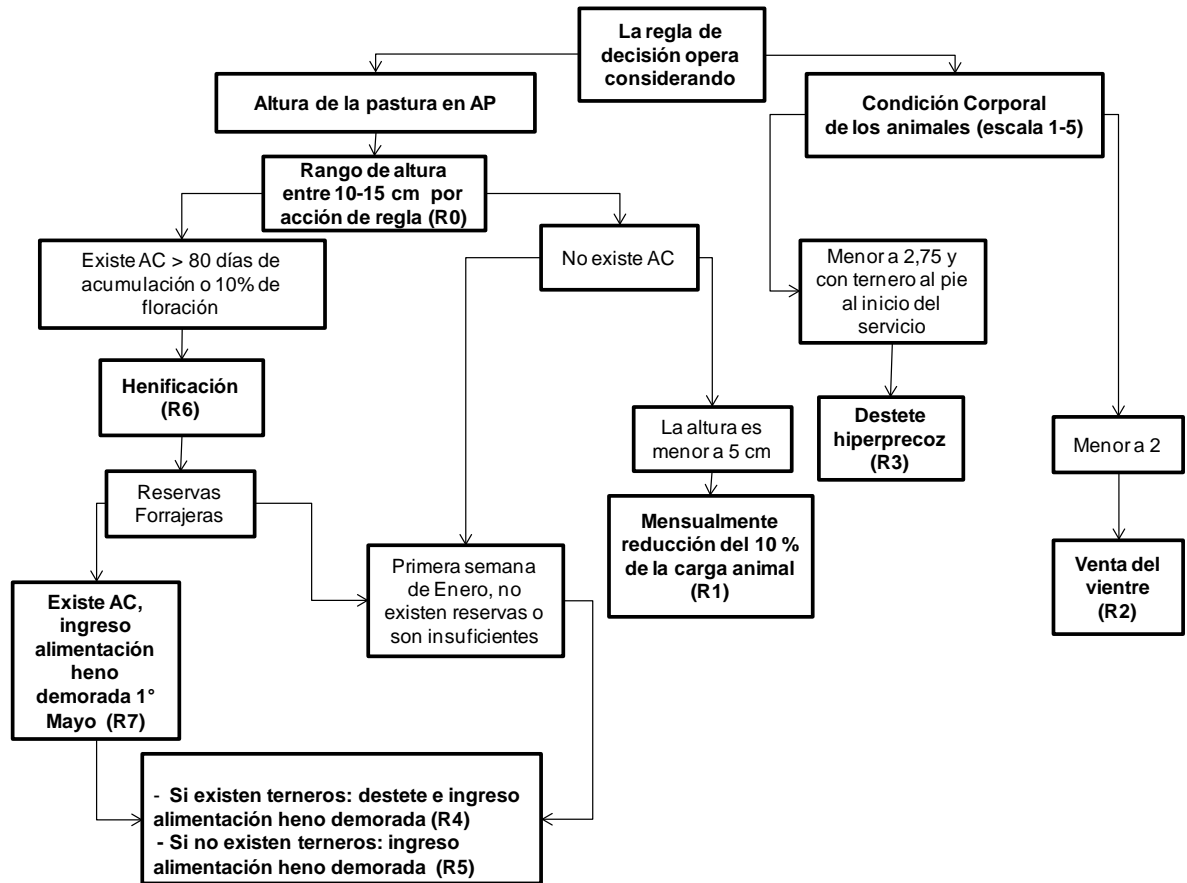


Figura 6. Reglas de decisión que operan ante una situación crítica a nivel de la altura de la pastura y condición corporal de los animales. AP=área de pastoreo, AC=área de clausura, R0=regla N° 0, R1= regla N° 1, R2= regla N° 2, R3=regla N° 3, R4=regla N° 4, R5= regla N° 5, R6=regla N° 6, R7=regla N° 7.

Cuadro 5. Reglas de decisión aplicadas en el S.I.M.P.L.E. durante el año en la pastura y en los animales.

| | Regla de decisión | Época en que opera | Momento de aplicación | Condición |
|-----------|--|---|-------------------------------|---|
| R0 | Apertura, cierre o sin acción en AP en función a la ALT | Todo el año | Todo el año | Ascenso, descenso o sin cambio de ALT |
| R1 | Reducir aproximadamente un 10% de la carga animal comenzando por las vacas viejas y vacías | Todo el año | Todo el año | ALT crítica de 5 cm, sin AC |
| R2 | Venta del vientre | Todo el año | Todo el año | CC crítica (menor a 2) |
| R3 | Destete precoz e hiperprecoz | Primavera (Primera semana de noviembre) | Servicio | CC < 2,75 con ternero al pie |
| R4 | Destete anticipado e ingreso a corrales más tarde | Verano (fecha límite 1° enero) | Fin de servicio | Si el heno disponible < 720 kg MS/vaca para 120 días en corrales, con terneros al pie |
| R5 | Ingreso a corrales más tarde | Otoño-Invierno | Ingreso alimentación con heno | Si el heno disponible < 720 kg MS/vaca para 120 días en corrales, sin terneros al pie |
| R6 | Henificación | Verano | | Si existe AC y posee más de 80 días de acumulación o 10% de floración |
| R7 | Alimentación con heno demorada. Ingreso 1° mayo | Otoño | Ingreso alimentación con heno | Si el heno disponible ≥ 720 kg MS/vaca para 120 días, pero existe AC |

ALT= altura de la pastura (cm); AC= área de clausura (%); CC= condición corporal

3.8. MEDICIONES SOBRE LA PASTURA

3.8.1. ALTURA DE LA PASTURA

Se midió ALT de las pasturas por medio de una regla graduada (Hodgson *et al.*, 1986) la cual cuenta con una lengüeta acrílica que se desplaza sobre la misma hasta tocar la primera hoja verde sin disturbar. Se realizaron 53 mediciones a lo largo del período marzo 2007- marzo 2008.

Se realizaron 100 toques en cada nivel de carga animal objetivo recorriendo el potrero en forma quebrada e irregular, cada 7 días en cada uno de los potreros en el AP durante todo el período pre-experimental y experimental. Se calculó semanalmente la altura promedio de los 100 toques en cada potrero, a fin de utilizar este dato en la regla de decisión (R0) (Cuadro 4).

3.8.2. RELACIÓN ALTURA/BIOMASA AEREA DE LA PASTURA

La relación entre ALT y la biomasa aérea de la pastura fue calibrada estacionalmente en el AP. Se colocó un marco de 20 x 50 cm, luego se midió ALT con la regla de Bircham (4 toques sobre la superficie de 20 x 50 cm) y posteriormente se cortó el material con tijera eléctrica, dejando un remanente de 5 cm aproximadamente, incluyendo el material senescente. Se tomaron 6 muestras en AP en cada nivel de carga animal objetivo. Se registró el peso fresco y posteriormente se secó en estufa a 60 °C durante 48 hs. Luego se pesó el material seco para determinar el contenido de materia seca (%).

3.8.3. PORCENTAJE DE MATERIAL VIVO Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DEL MATERIAL VIVO EN EL ÁREA DE PASTOREO

En el AP se tomó una muestra de forraje por potrero y estación, simulando el pastoreo del animal usando el método de “*hand plucking*” (Cook, 1964) con la finalidad de estimar la calidad de la biomasa aérea del horizonte de pastoreo. El muestreo fue realizado con tijera manual, en varios puntos de AP simulando los bocados del animal.

Cada muestra se separó en dos partes: material vivo correspondiente a hojas más tallo y el conjunto de material vivo y muerto. Las muestras se secaron (estufa 60°C, durante 48 hs) para determinar el porcentaje de materia seca (MS). A continuación las muestras

que estaban constituidas por el conjunto de material vivo se molieron con malla de 1 mm (molino de cuchillas Willey) y se determinó digestibilidad (DIG) con el sistema Daisy II (ANKOM Corp., Fairport, NY, EEUU).

3.9. MEDICIONES SOBRE LOS ANIMALES

3.9.1. PESO VIVO DE LOS ANIMALES

Se registraron los pesos individuales de las vacas adultas, primíparas y terneras de reposición al inicio y fin del ensayo, ingreso a corrales, parto, inicio y fin del servicio, tacto y destete. También se registraron los pesos cuando fue necesario realizar el descarte por ventas.

Los terneros fueron pesados al nacimiento y al momento de pesar las madres (al inicio, fin del servicio y al destete).

Todas las pesadas se realizaron durante la mañana y sin desbaste previo, mediante báscula mecánica de pesada individual (marca Bianchetti).

3.9.2. CONDICIÓN CORPORAL

Se evaluó la CC de los vientres al inicio y fin del ensayo, ingreso alimentación con heno en corrales, parto, inicio y fin del servicio, tacto y destete. También se registró la CC de las vacas en el momento de descarte de la misma. Se utilizó una escala de 0 a 5 puntos (Lowman *et al.*, 1976 citado por Wright; Russel, 1984). Cada uno de estos puntos está descrito en términos de grasa de cobertura en la región lumbar y alrededor de la base de la cola (Cuadro 6). La CC se estimó por medio de dos evaluadores, utilizando en algunos casos valores intermedios de la escala. La estimación de la CC coincidió con el resto de las prácticas salvo en los momentos de venta. Las categorías evaluadas fueron: vaca adulta y primípara.

Cuadro 6. Grados de condición corporal (Lowman et al., 1976, citado por Wright; Russel, 1984).

| Grado | Descripción |
|--------------|---|
| 0 | El animal está emaciado. Ningún tejido graso puede ser detectado y las apófisis espinosas y transversas muy agudos. |
| 1 | Las apófisis transversas son agudas al tacto y fácilmente distinguibles. Estructuras óseas identificables visualmente: apófisis transversas y espinosas. |
| 2 | Las apófisis transversas pueden ser identificadas individualmente cuando se palpan, pero se sienten redondas más que agudas. Estructuras óseas identificables visualmente: costillas, punta de cadera y anca. |
| 3 | Las apófisis transversas sólo pueden ser sentidas con firme presión. Las áreas al lado de la inserción de la cola tienen algo de cobertura grasa. Estructuras óseas identificables visualmente: últimas costillas. |
| 4 | Las apófisis transversas no pueden ser palpadas. La cobertura grasa alrededor de la cola es fácilmente vista como pequeños montículos, suaves al tacto. La estructura ósea es perceptible, pero está bien cubierta por tejidos blandos. |
| 5 | La estructura ósea del animal no es muy perceptible y la cola está casi completamente ocultada por la grasa. |

3.9.3. PERÍODO DE ALIMENTACIÓN CON HENO EN CORRALES

El ingreso a corrales estuvo determinado por las reglas de decisión aplicadas al sistema (ver punto 3.7, R4, R5 y R7).

La cantidad mínima de heno ofrecida por vaca durante todo el período fue de 720 kg MS (6 kg MS/día /vaca adulta * 120 días). Sin embargo, cuando el heno disponible fue

mayor al requerido durante los 120 días existió la posibilidad de suministrar más heno, hasta un máximo de 9 kg MS/vaca adulta/día. El período de alimentación aproximado fue de 120 días dependiendo de la fecha de parto, las vacas paridas fueron retiradas del corral y se mantuvieron en un lazareto común hasta el momento de la pesada que se registró en forma semanal. Luego de pesar, se distribuyeron en sus respectivos potreros.

3.10. INDICADORES

3.10.1 INDICADORES DE EFICIENCIA REPRODUCTIVA

El índice de preñez (%) se calculó como: $((\text{vientres preñados}/(\text{vientres entorados} - \text{vientres vendidos antes del tacto})) * 100$.

El índice de parición (%) se calculó considerando los vientres paridos, entorados y preñados según la siguiente fórmula: $((\text{vientres paridos}/(\text{vientres entorados} - \text{ventas de vacas preñadas})) * 100$.

El índice de destete (%) se calculó como: $(\text{terneros destetados}/(\text{vientres entorados} - (\text{ventas de vacas preñadas} + \text{ventas de vaca con cría})) * 100$.

Las pérdidas por mortandad (%) se calcularon como $(\text{muertes terneros}/\text{terneros nacidos vivos}) * 100$.

3.10.2. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD FÍSICA

La producción de carne (kg/ha/año) se calculó como: $\text{ventas (kg)} \pm \text{la diferencia de inventario (kg iniciales al comienzo del ensayo - kg finales luego del período evaluado)}$.

La producción de terneros (kg/ha/año y cab/ha/año) se calculó como: $\text{terneros producidos por hectárea durante el año evaluado (tanto en kilogramos como en cabezas) menos las pérdidas por mortandad}$.

La venta de terneros/as (kg/ha/año y cab/ha/año) se calculó como: $\text{la producción de terneros menos las hembras que se destinaron a reposición}$.

La venta de vientres (vaca adulta, primípara) (kg/ha/año y cab/ha/año) se calculó como $\text{la sumatoria de los vientres vacíos al tacto, boqueo y ventas}$.

La carga real (cab/ha) se calculó como: $\text{el número de vientres (vaca adulta, primípara y ternera de reposición) menos los vientres que salieron del sistema por acción de las}$

reglas de decisión de reducción de *stock*, explicadas en punto 3.7 (R1-R2). La carga real se calculó para cada estación (otoño, invierno, primavera y verano).

3.10.3. RESULTADOS ECONÓMICOS

Se estimó el margen bruto (MB, \$/ha/año) a través de la diferencia entre el ingreso neto (IN) y los costos directos (CD) siguiendo la metodología propuesta por AACREA (1988). El IN (\$/ha/año) resultó de la diferencia entre el ingreso bruto (IB) y los gastos de comercialización y flete. Para el cálculo de IB (\$/ha/año) se consideraron los ingresos efectivos (precio de venta de las distintas categorías) y los no efectivos (diferencia de inventario de animales y de heno). Para el cálculo de la diferencia de inventario de animales (DIFA, \$/ha/año) se consideraron los kg entre el inventario final y el inicial y posteriormente se asignó el valor por kg para cada una de las categorías que conformaron el inventario. Para el cálculo de la diferencia de inventario del heno (DIFH), (\$/ha/año) se consideró la diferencia en kg entre inventarios inicial y final y posteriormente se asignó el valor de venta por cada rollo (sobrante o faltante). El precio de venta de los animales se determinó considerando la fecha de venta, la categoría vendida y el tipo de mercado al que se enviaron para la comercialización (faena o invernada y cría). Una vez determinados los precios para cada animal fueron actualizados a marzo del 2008. Los gastos de comercialización y flete se consideraron como un porcentaje del precio de cada categoría, siendo de 7,1% para los vientres adultos y del 4,5% para los terneros/as.

El CD (\$/ha/año) resultó de la sumatoria de los costos efectivos y no efectivos. Dentro de los costos efectivos fueron considerados la sanidad del rodeo, la mano de obra, henificación y fertilización. Los costos derivados de la sanidad se calcularon en función de la carga real a lo largo del año teniendo en cuenta el calendario sanitario de la Reserva 6 de la EEA INTA Balcarce. La mano de obra se consideró como permanente (1 persona/300 animales). Se consideró que tanto la henificación como la aplicación de fertilizante estuvieron a cargo de contratistas. Para el cálculo de amortización de las pasturas se consideró una vida útil de 12 años.

El costo por kilogramo de carne producida (COSPROD, \$/kg) se calculó como costos efectivos (\$/ha/año)/ producción de carne (kg/ha/año).

Todos los valores fueron ajustados a marzo del 2008 utilizando un coeficiente de ajuste (CA) que tomó como referencia el Índice de Precios Mayoristas Nivel General (IPMNG), base 1993 (Fuente INDEC, 2008).

El listado de precios de animales e insumos que se utilizaron para los cálculos se encuentra en el APÉNDICE 8.3, 8.4 y 8.5.

3.10.4. NÚMERO DE REGLAS DE DECISIÓN APLICADAS

Se registró el número y el tipo de reglas de decisión aplicadas a cada tratamiento (reglas explicadas en punto 3.7). Posteriormente, se cuantificaron las reglas que fueron aplicadas a la pastura y las reglas aplicadas a los animales para cada nivel de carga animal objetivo.

3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El ensayo fue diseñado considerando 6 niveles de carga animal objetivo que fueron aplicados a 6 potreros, es decir, que cada potrero fue considerado una unidad experimental. Si bien se reconoce las limitaciones que presentan este tipo de ensayos por no presentar repeticiones, Fisher (1999) y Bransby *et al.* (1988) sostienen que, cuando las limitaciones financieras y logísticas fuerzan a elegir entre una u otra alternativa, la elección de un mayor número de niveles de carga en detrimento de las repeticiones podría permitir facilitar el análisis de respuesta al explorar un rango más amplio de tratamientos. Dado que en esta tesis se buscó cuantificar la función de respuesta de la producción de carne y los resultados económicos con la carga animal objetivo, un menor número de niveles con repeticiones hubiese permitido reducir el error experimental pero al mismo tiempo, hubiese dificultado el análisis para determinar la función de respuesta de las variables estudiadas. Es por ello que, acorde a lo propuesto por Fisher (1999) y Bransby *et al.* (1988) se optó por no utilizar repeticiones a fin de ampliar el rango de cargas a evaluar.

3.11.1. PASTURA

La altura de la pastura fue categorizada en tres rangos se definieron como: “*menor a 10 cm*”, “*entre 10-15 cm*” y “*mayor a 15 cm*”. Se calcularon las frecuencias relativas para cada categoría por carga y estación. Se utilizó el procedimiento FREQ y el test Chi-Cuadrado, del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002).

Para evaluar la relación entre biomasa aérea de forraje y ALT se realizó un análisis de regresión lineal simple considerando el nivel de carga objetivo como variable independiente y la biomasa aérea como variable dependiente utilizando el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002), sin ordenada al origen. Se evaluó el paralelismo y coincidencia entre estaciones por medio de variables “dummy”. Se estableció un nivel de significancia del 5 %.

El porcentaje de material vivo y digestibilidad *in vitro* del mismo fue evaluado utilizando un modelo que incluyó los efectos de carga animal objetivo y estación del año, mediante el PROC GLIMMIX del SAS con función de enlace “logit”.

La comparación de los porcentajes de operaciones de ampliación o reducción del área de pastoreo (apertura o cierre de 1 o 2 parcelas) fue realizada por medio del procedimiento FREQ y el test Chi-Cuadrado, del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002).

3.11.2. ANIMALES

Para calcular la variación de peso vivo en las terneras de reposición en los diferentes períodos del año se utilizó el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002). También se utilizó el mismo procedimiento para evaluar la variación de peso vivo global para cada categoría. Se ajustaron regresiones lineales siendo la variación de peso vivo la variable dependiente y la carga animal objetivo la variable independiente.

Se calculó el promedio y desvío de la condición corporal (sólo para vaca adulta y primípara) y el peso vivo para cada categoría en cada fecha y nivel de carga animal objetivo.

Para el peso al nacimiento, al destete y la edad se ajustaron regresiones lineales considerando como variable dependiente cada una de ellas y como variable

independiente los diferentes niveles de carga animal objetivo. Se utilizó el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002).

3.11.3. INDICADORES REPRODUCTIVOS Y FÍSICOS Y RESULTADOS ECONÓMICOS

Al tacto, se contabilizó el número de vacas preñadas y vacías. Del mismo modo el número de terneros muertos. Se calcularon las frecuencias relativas para ambos casos para cada nivel de carga animal objetivo. Se utilizó el procedimiento FREQ y el test exacto de Fisher del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002), con un nivel de significancia del 5 %. Debido a que se dispuso de un bajo número de muestras, se optó por utilizar el test exacto de Fisher (Sokal; Rohlf, 1981).

Para el análisis de la producción de carne (PRODHA) se ajustó la ecuación propuesta por Jones; Sandland (1974) a los valores obtenidos y se estimó la carga animal objetivo con la cual se obtendría la máxima producción de carne. Esta ecuación de respuesta curvilínea sin ordenada al origen considera la producción de carne como variable independiente y la carga animal objetivo como variable dependiente. La ecuación está definida como $y = ax - bx^2$, siendo y la producción de carne por hectárea (kg/ha/año), x = carga animal objetivo (cab/ha), a = efecto lineal, b = efecto curvilíneo, donde la máxima producción se estableció cuando $x = a/2b$. Se utilizó el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002).

Para el cálculo de la producción y venta de terneros (kilogramos y cabezas) y ventas de vientres (kilogramos y cabezas) se estableció como variable dependiente para cada uno de los casos la producción y venta de terneros (kilogramos y cabezas) y ventas de vientres (kilogramos y cabezas) y como variable independiente los diferentes niveles de carga animal objetivo. Se ajustaron regresiones lineales y curvilíneas, utilizando el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002).

Para el cálculo de la diferencia de inventario de animales y heno, ingreso neto, costo directo y costo de producción se ajustaron regresiones curvilíneas sin considerar la ordenada al origen, considerando a cada una de ellas en cada ecuación como variable dependiente y la carga animal objetivo como variable independiente. Para el cálculo del margen bruto (MB) se ajustó una ecuación de respuesta curvilínea considerando la ordenada al origen. La ecuación quedó definida como $y = ax - bx^2$, siendo y = MB (\$/ha/año), x = carga animal objetivo (cab/ha), a = efecto lineal, b = efecto curvilíneo. El máximo MB se

estableció cuando $x=a/2b$. En todos los casos se utilizó el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS, 2002).

4. RESULTADOS

4.1. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA: REGLAS DE DECISIÓN

Se observó una tendencia curvilínea entre el número de operaciones y la carga animal objetivo (CO). A medida que la CO aumentó (Figura 7), el número de operaciones que fueron aplicadas al sistema hasta la CO de 2,5 cab/ha fue menor, Sin embargo, en la CO de 2,9 cab/ha, el número de operaciones se incremento nuevamente, dando como consecuencia la tendencia curvilínea. Cuando se desglosan entre las reglas aplicadas a la pastura y las aplicadas al rodeo, se observa una relación inversa entre la CO y el número de reglas aplicadas a la pastura (Figura 8).

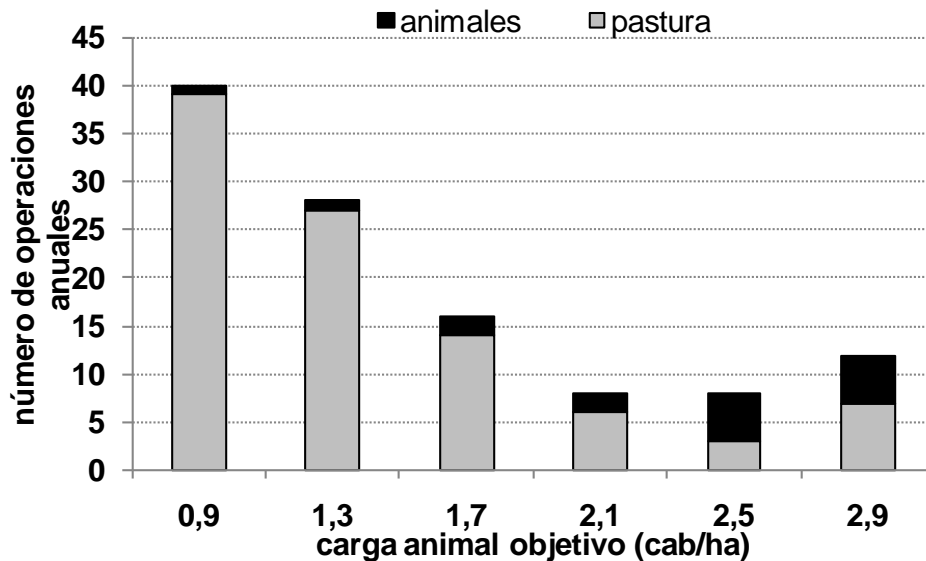


Figura 7. Número de operaciones anuales aplicadas a la pastura y a los animales en cada carga animal objetivo (cab/ha).

Dentro de las reglas de decisión aplicadas a la pastura, se observan diferencias entre las cargas ($P < 0,0001$, Figura 8). A medida que la CO aumentó hubo un menor número de aperturas y cierres de parcelas y tanto en la CO de 2,5 cab/ha como en 2,9 cab/ha no se efectuaron cierres de 2 parcelas a la vez (20 % de la superficie).

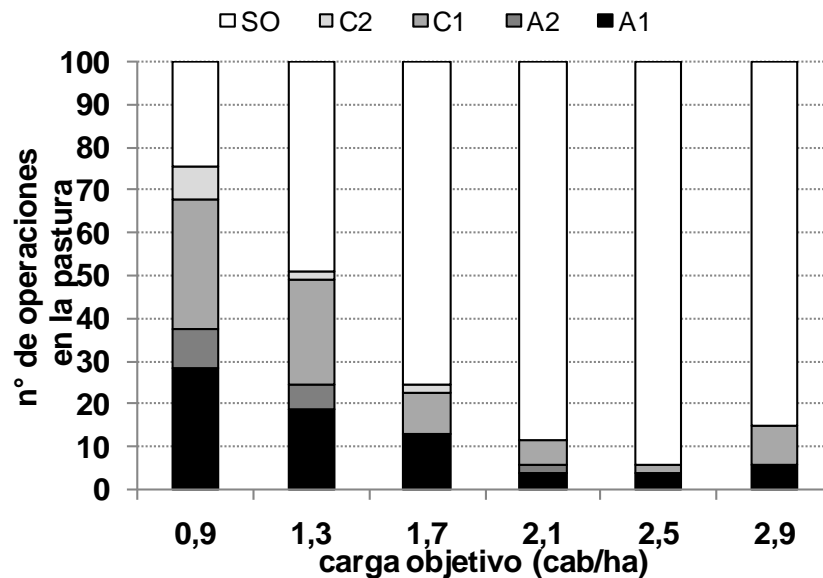


Figura 8. Número de operaciones realizadas en la pastura dividida según el tipo de operación en cada carga animal objetivo. SO= sin operación; C1= cierre de una parcela; C2= cierre de dos parcelas; A1= apertura de una parcela; A2=apertura de dos parcelas, en función a los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

En la carga de 0,9 cab/ha (Figura 9) no fue necesario aplicar reglas que estuvieran relacionadas con el rodeo debido a que la altura (ALT) se encontró la mayor parte del período en el rango de 10-15 cm y, en los momentos en que esto no fue así, existió área de clausura (AC) para abrir. Además, al generar heno suficiente (R6) para cubrir el próximo período otoño-invernal fue innecesario adelantar el destete. La condición corporal (CC) de los vientres en todo el período fue superior a 3, por lo que no fue necesario reducir carga por este motivo. Por otra parte, debido a que en la primera semana de abril existía AC las categorías destinadas para ser alimentadas con heno permanecieron en el potrero hasta la fecha límite de la primera semana de mayo (R7).

El comportamiento para las CO de 1,3 y 1,7 cab/ha (Figura 9) fue similar al de 0,9 cab/ha, con la salvedad de que la regla de decisión para la confección de heno operó en dos fechas debido a que los días de acumulación entre las parcelas fue diferente (R6).

A partir de la carga de 2,5 cab/ha (Figura 9) al alcanzar un valor de ALT crítico de 5 cm fue necesario que operara la R1. Además, debido a que la CC llegó en la mayoría de los vientres a menos de 2 también hubo reducción de stock al inicio del servicio (R2), totalizando una reducción (entre R1 y R2) del 24,0 % y 48,3% para la CO de 2,5 y 2,9

cab/ha, respectivamente. También operó la regla de decisión de destete precoz e hiperprecoz cuando la CO fue menor de 2,75 (R3) siendo el 64,7 % y el 100% de las vacas destetadas en la CO de 2,5 y 2,9 cab/ha, respectivamente.

Por otra parte, se adelantó el destete en las cargas de 2,1 cab/ha (2/01/08) y 2,5 cab/ha (2/01/08) (R4) (Figura 9), debido que éstas no produjeron reservas para el próximo período invernal, y en el caso particular de la CO de 1,7 cab/ha también se adelantó el destete (25/01/08, R4) debido a que si bien produjo heno éste fue insuficiente para cubrir todo el período de alimentación.

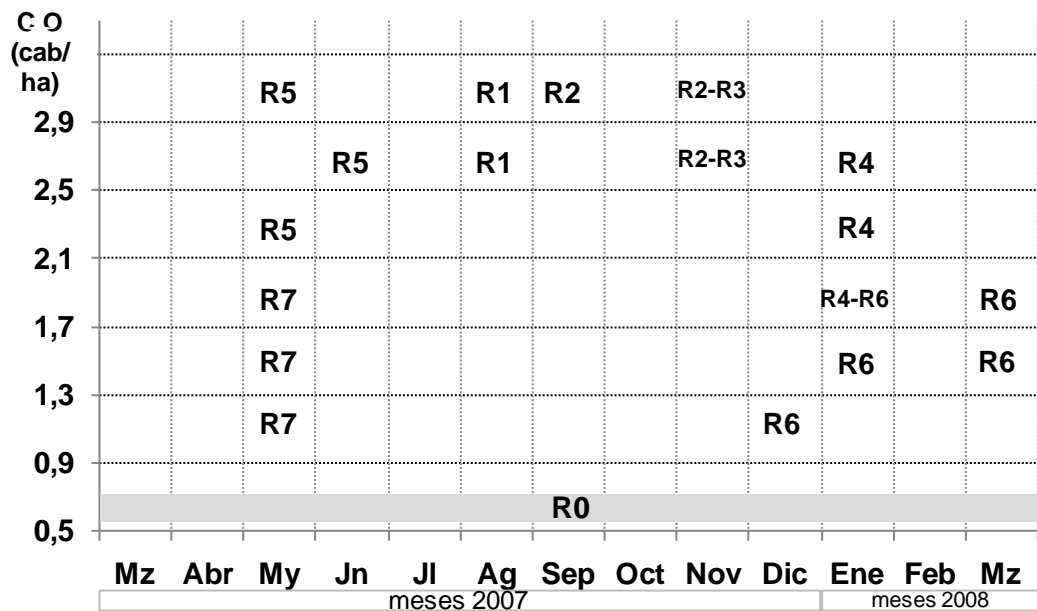


Figura 9. Reglas de decisión aplicadas a lo largo del año para cada una de las cargas animal objetivo (CO, cab/ha). R0= control de altura; R1= reducción 10 % de la carga animal; R2= venta de vientres por condición corporal <2 (escala 1-5); R3= destete hiperprecoz; R4= destete anticipado; R5= ingreso alimentación con heno demorada por reservas insuficientes; R6=henificación; R7= ingreso alimentación con heno demorada por existencia de área de clausura.

4.2. CARGA REAL A TRAVÉS DEL AÑO

Por efecto de las reglas de decisión, el *stock* se redujo en invierno por acción de R1 (12 y 10,3 % en las cargas objetivo de 2,5 y 2,9 cab/ha respectivamente) y R2 (3% en la CO de 2,9 cab/ha) (Figura 10). También hubo reducción de *stock* en primavera por acción

de R2 (13,6 y 40% para la CO de 2,5 y 2,9 cab/ha). Sin embargo, en la CO de 2,5 cab/ha fue posible incorporar reposición lo que permitió posicionar la carga real más cerca de la objetivo, no siendo así para 2,9 cab/ha que debido a estas reglas finalizó el período experimental con una carga real de 1,4 cab/ha.

Hubo una ligera reducción de *stock* en las cargas de 1,3, 1,7 y 2,1 cab/ha (Figura 10) debido a que existieron vacas vacías al parto que salieron del sistema al iniciar el servicio. Sin embargo, la carga real pudo llegar nuevamente a la objetivo para cada uno de los casos debido a que existió suficiente reposición. La CO de 0,9 cab/ha no tuvo cambios y fue posible mantener la carga real con la planteada.

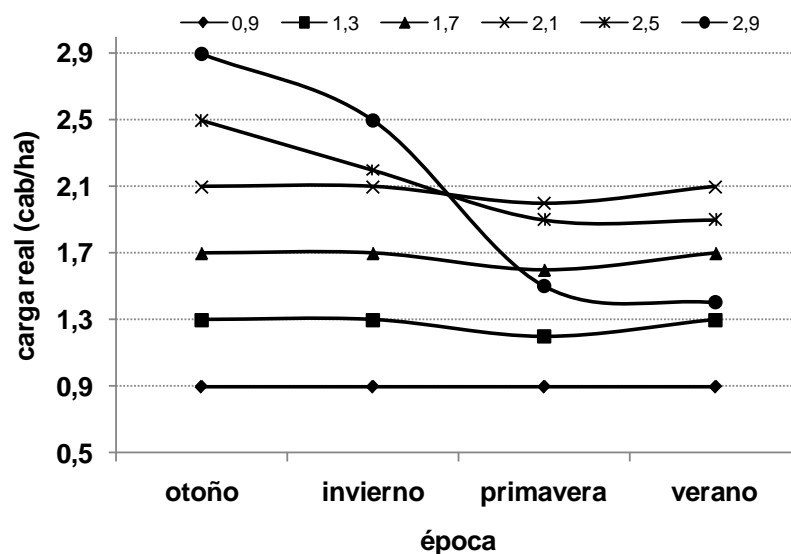


Figura 10. Carga animal real (cab/ha) obtenida en cada carga animal objetivo (cab/ha) durante las distintas épocas el período experimental.

4.3. EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE LA PASTURA Y EL ÁREA DE CLAUSURA

Al comienzo del ensayo, todos los tratamientos presentaron una ALT superior a los 10 cm y con área clausurada (Figura 11 a, b, c, d, f) salvo para la CO de 2,5 cab/ha en donde si bien la altura estuvo al comienzo del ensayo en 10 cm no presentó área de clausura (Figura 11 e). Durante la mayor parte del período de ensayo fue posible mantener ALT dentro del rango de los 10-15 cm en las CO de 0,9, 1,3 y 1,7 cab/ha, excepto en esta última para el mes de agosto donde ALT presentó un valor promedio de $7,5 \pm 1,3$ cm. Sin

embargo, a principios de septiembre ALT nuevamente ingresó y se mantuvo dentro del rango establecido. Para las cargas de 2,1, 2,5 y 2,9 cab/ha, ALT estuvo por debajo de los 10 cm a partir de mayo; no obstante, en la carga de 2,9 cab/ha, se observaron valores superiores a los 10 cm al final del período experimental, en los meses de enero-febrero y marzo (Figura 11).

En cuanto a la proporción del AC, fue mayor a medida que la CO fue menor (Figura 11). La CO de 0,9 cab/ha fue la que tuvo un mayor porcentaje promedio de área clausurada (62, 60 y 60 % en marzo, noviembre y diciembre del 2007 respectivamente). La CO de 0,9 cab/ha y 1,3 fueron las que conservaron AC durante el período invernal, presentando a la salida de esta estación (mes de septiembre) porcentajes de AC del 7 y 27 % (para la CO de 1,3 y 0,9 cab/ha respectivamente). A la salida del invierno sólo las CO de 0,9, 1,3 y 1,7 cab/ha aumentaron AC (60, 20, 20 % para las cargas objetivo de 0,9, 1,3 y 1,7 cab/ha respectivamente) y, en consecuencia fue posible producir rollos al final del período (23, 16,5 y 11 rollos para las cargas objetivo de 0,9, 1,3 y 1,7 cab/ha, respectivamente). En la CO de 2,9 cab/ha pudo generarse AC, sin embargo esta no fue henificada debido a que la acumulación del material fue insuficiente para producir heno.

La Figura 12 presenta la frecuencia de altura de la pastura en tres rangos (menor a 10 cm, entre 10-15 cm o mayor a 15 cm). Para cada CO se observaron diferencias significativas ($P < 0,0001$) entre estaciones. Se observa una tendencia con cargas objetivos menores o igual a 1,7 cab/ha de presentar la mayor frecuencia relativa dentro del rango de los 10-15 cm (por encima del 40%), salvo para la época de invierno donde la CO de 1,7 cab/ha presentó la mayor frecuencia relativa (80 %) en el rango menor a 10 cm, situación que fue revertida en primavera (Figura 12 a, b, c).

A partir de la CO de 2,1 cab/ha se observó una situación diferente al de las bajas CO ya que la mayor frecuencia relativa estuvo en el rango menor a 10 cm, siendo los porcentajes más altos durante la época de invierno y primavera (por encima del 75 %) (Figura 12 d, e, f). Cabe mencionar que en el caso de la CO de 2,9 cab/ha se observó un marcado incremento de la frecuencia relativa en el rango entre 10-15 cm hacia la época de verano producto de las reglas de decisión aplicadas al sistema (ver punto 3.7).

Conclusiones

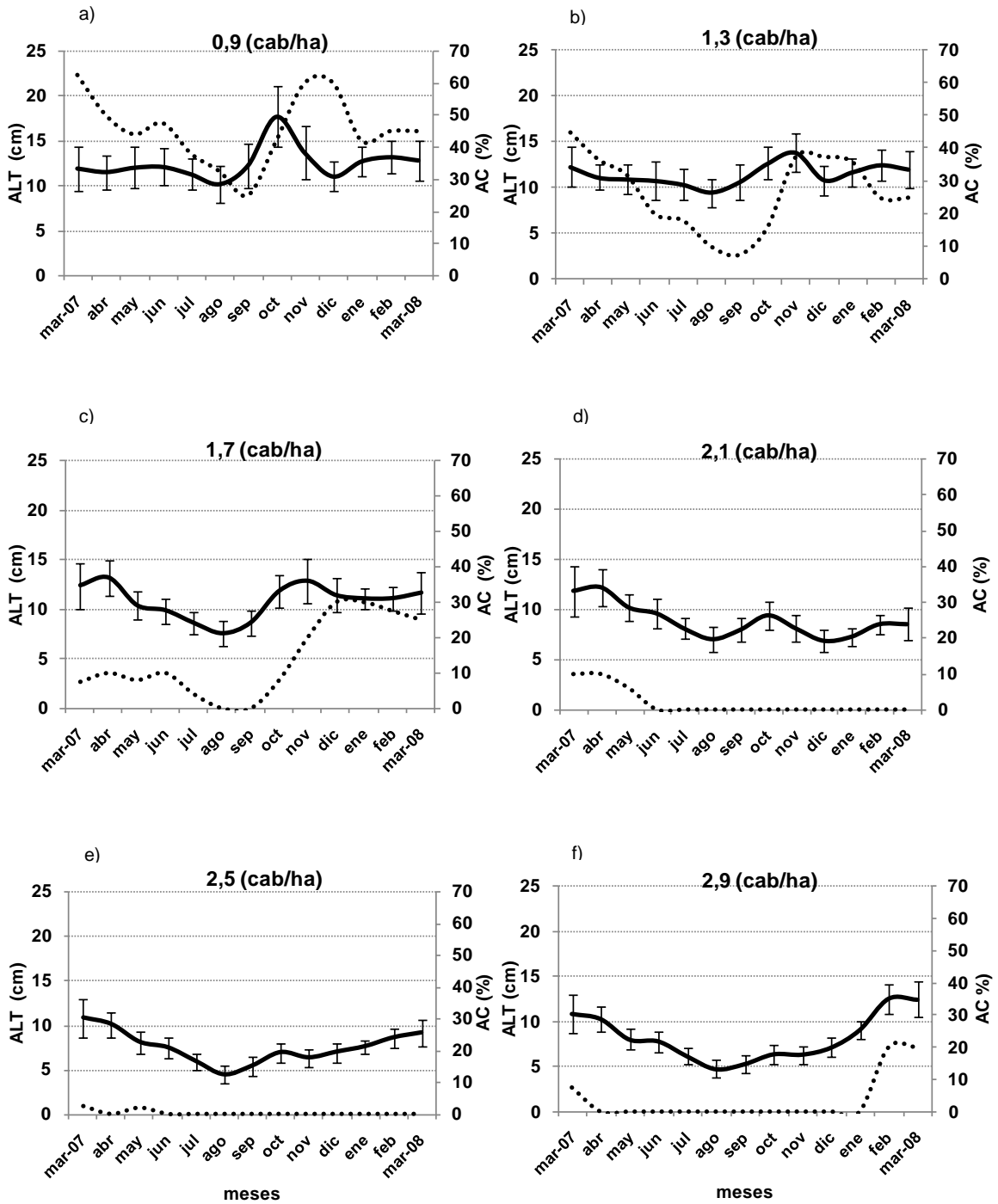


Figura 11. Evolución mensual de la altura de las pasturas (ALT, cm) en el área de pastoreo y del área de clausura (AC, %) en los distintos tratamientos durante el período experimental (—) ALT del área de pastoreo, (.....) AC al final de cada mes bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

Conclusiones

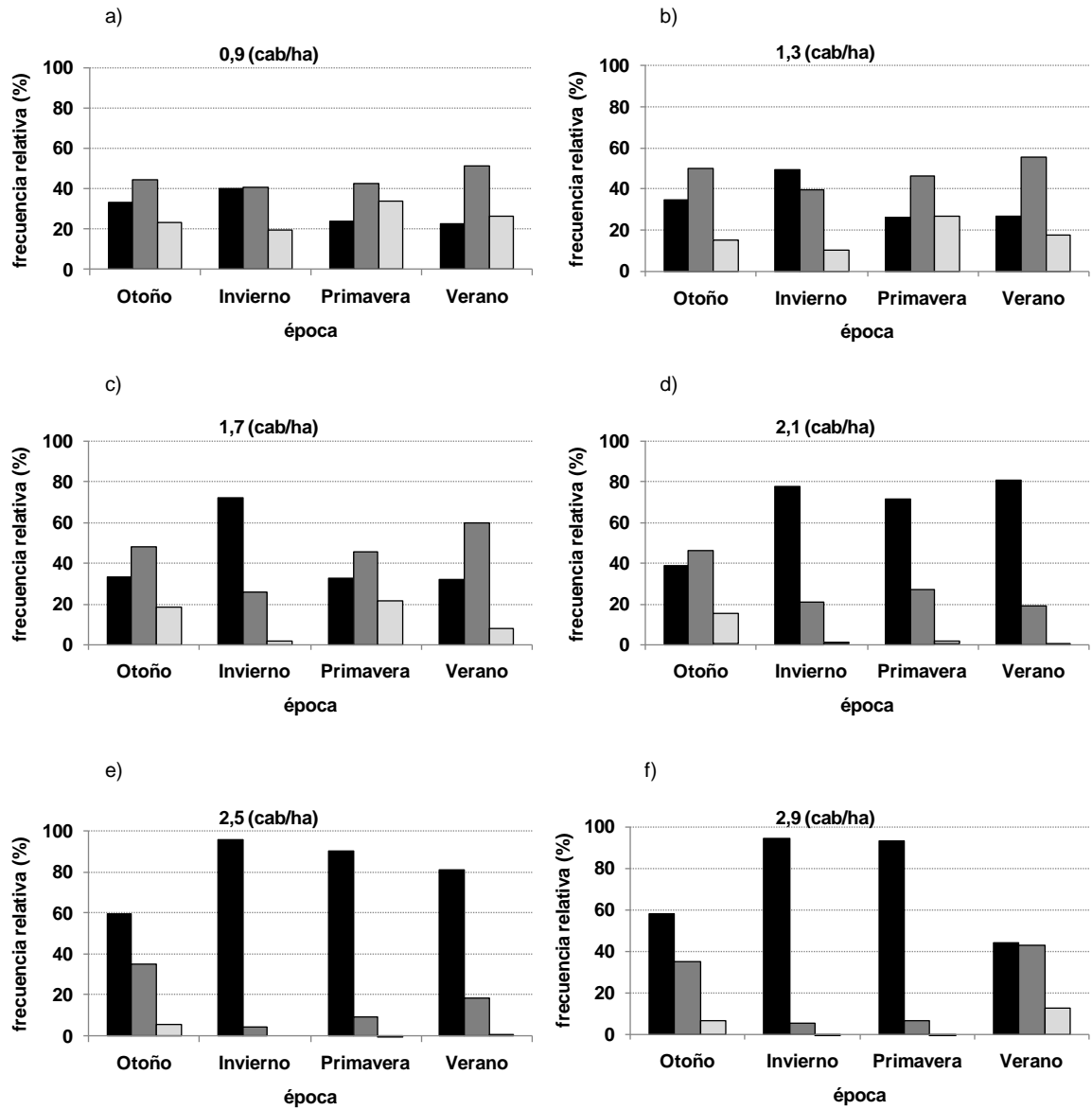


Figura 12. Frecuencia relativa de los rangos de altura en distintas épocas del año (Otoño, Invierno, Primavera y Verano) bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). "menor a 10 cm" (■), "entre 10-15 cm" (▒), "mayor a 15 cm" (□).

4.4. RELACIÓN BIOMASA AÉREA / ALTURA DE LA PASTURA

En la Figura 13 se presenta la relación entre biomasa aérea de forraje y altura para cada estación. El modelo propuesto fue significativo ($P < 0,0001$). El error estándar presentó una tendencia a ser mayor en la época de invierno respecto al resto de las épocas (7,7, 14,7, 10,4; 7,9 y 3,1 para otoño 2007, invierno, primavera, verano y otoño 2008 respectivamente). Se observó paralelismo para la época de otoño 2007 y primavera ($P = 0,5379$) y para otoño 2008 y verano ($P = 0,1486$). Las ecuaciones para cada CO y época se presentan en el APÉNDICE 8.6.

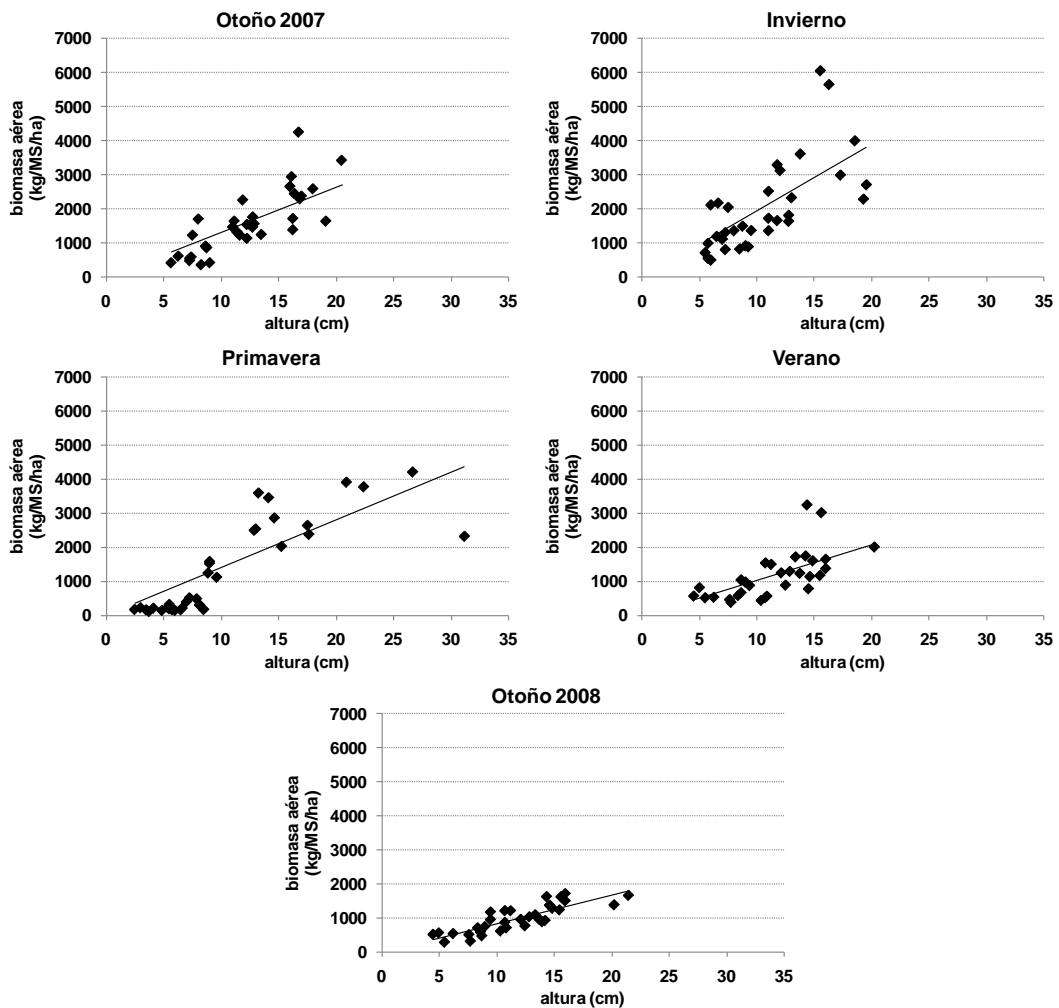


Figura 13. Relación entre la altura (cm) y la biomasa aérea de forraje (kg MS/ha) para cada época. $y = 132,2 * altura$ R^2 ajustado = 0,89; $y = 195,4 * altura$ R^2 ajustado = 0,84; $y = 139,9 * altura$ R^2 ajustado = 0,84; $y = 103,04 * altura$ R^2 ajustado = 0,85; $y = 83,3 * altura$ R^2 ajustado = 0,95, siendo $y =$ biomasa aérea de forraje (kg MS/ha) para otoño 2007, invierno, primavera, verano y otoño 2008, respectivamente.

4.5. PORCENTAJE DE MATERIAL VIVO Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* EN EL ÁREA DE PASTOREO

Se observaron diferencias significativas en el porcentaje de material vivo entre estaciones ($P < 0.0001$, Figura 14 a), pero no entre cargas animal objetivo, Figura 14 b). La época de invierno presentó el menor porcentaje de material vivo en relación al resto de las épocas ($P < 0.0001$ para cada una de las épocas). También presentaron menores valores: otoño 2007 respecto a otoño 2008 y verano ($P = 0,0124$ y $0,0058$ respectivamente) y primavera con verano ($P = 0,0292$).

Por otra parte, la digestibilidad del material vivo fue similar entre cargas animal objetivo (Figura 14 b). En cambio, se observaron diferencias significativas entre estaciones ($P = 0,0042$). Otoño 2007 presentó menores valores respecto a invierno ($P = 0,0144$) y primavera ($P = 0,0011$). Verano y otoño 2008 presentaron menores valores respecto a primavera ($P = 0,0026$ y $P = 0,0075$ respectivamente).

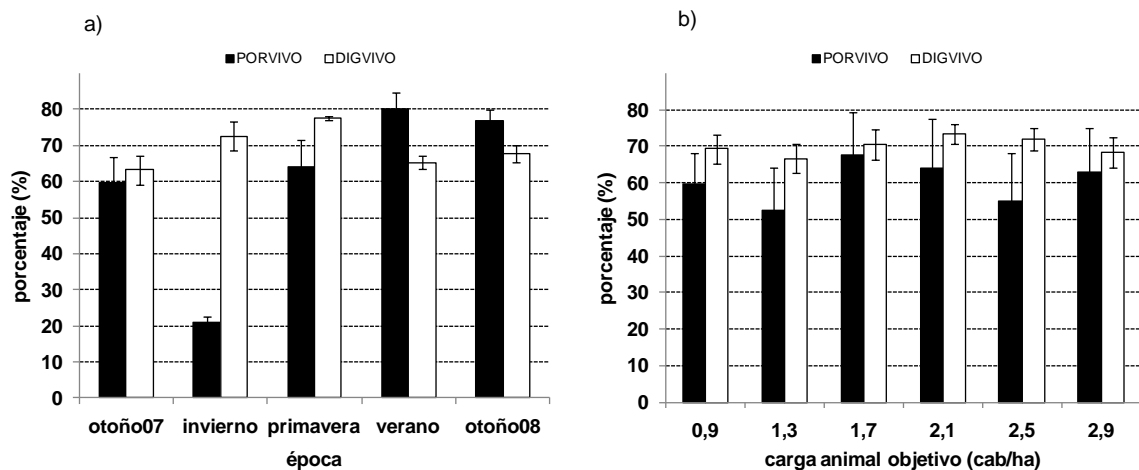


Figura 14. Porcentaje de material vivo (PORVIVO, %) y su digestibilidad (DIGVIVO, %) dependiendo de la época y la carga animal objetivo (cab/ha).

4.6. ALIMENTACIÓN CON HENO

De acuerdo al heno disponible y por acción de las reglas de decisión, las vacas adultas de la CO de 2,5 cab/ha ingresaron a los corrales más tarde respecto al resto (Cuadro 7).

Tanto la CO de 1,3 y 1,7 cab/ha (Cuadro 7) presentaron un mayor número de días de alimentación con heno. Esto fue consecuencia de la existencia de dos vacas vacías fueron detectadas como preñadas por lo que continuaron en el sistema hasta el 1/10 donde posteriormente, por acción de las reglas fueron retiradas del rodeo. Las CO de 0,9, 1,3, 1,7 y 2,1 cab/ha tuvieron un excedente de heno, siendo mayor para la CO de 1,7 cab/ha.

Las CO más bajas (Cuadro 7) pudieron consumir aproximadamente 3 kg de MS/vaca/día más respecto a las CO de 2,1, 2,5 y 2,9 cab/ha respectivamente. Cabe aclarar que para el caso particular de la CO de 1,7 cab/ha estuvo programado proveer de 9 kg de MS/animal/día; sin embargo un error operativo generó que el heno ofrecido fuera menor dando como resultado un mayor excedente de forraje.

Cuadro 7. Período de alimentación con heno para los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

| Descripción | Carga Objetivo (cab/ha) | | | | | |
|--|-------------------------|------|-------|------|------|-------|
| | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 2,9 |
| Heno disponible (kg MS) | 7000 | 8000 | 10000 | 8800 | 6800 | 10800 |
| Vacas adultas (n°) | 6 | 7 | 9 | 14 | 14 | 17 |
| Alimentación promedio con heno (días) | 104 | 114 | 112 | 102 | 83 | 106 |
| Heno remanente (kg MS) | 1200 | 700 | 2200 | 400 | 0 | 0 |
| Heno ofrecido | | | | | | |
| - kg MS | 5800 | 7300 | 7800 | 8400 | 6800 | 10800 |
| - kg MS/cab/día | 9 | 9 | 8 | 6 | 6 | 6 |

MS= materia seca.

4.7. RELACIÓN ENTRE VARIACIÓN DE PESO VIVO EN CATEGORÍA TERNERA DE REPOSICIÓN Y ALTURA DE LA PASTURA

Los resultados obtenidos para la relación peso vivo y altura de las pasturas para la categoría ternera de reposición se muestra en la Figura 15 y la variación de peso agrupadas por períodos en el Cuadro 8. En líneas generales se observa que las mayores ganancias de peso se observaron durante el período 3, las cuales se corresponden con aumentos de altura hacia comienzos de primavera. Las cargas más altas (2,1; 2,5 y 2,9 cab/ha) para este período fueron las que, presentaron menos ganancia y aunque la altura fue aumentando a lo largo del período siempre estuvo por debajo de los 10 cm.

En el período 4 a medida que la altura fue aumentando en la CO de 2,5 y 2,9 (por acción de las reglas de decisión) las ganancias de peso también aumentaron presentando valores similares o superiores a las cargas más bajas.

Cuadro 8. Variación de peso vivo (kg/día), para los diferentes períodos bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (CO, cab/ha).

| CO (cab/ha) | Períodos * | | | | |
|----------------|-----------------|--------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | (kg/día) | | | | |
| 0,9 | 0,468 | 0,382 | 0,668 | 0,389 | 0,377 |
| 1,3 | -0,032 | 0,200 | 0,518 | 0,651 | 0,377 |
| 1,7 | 0,258 | 0,036 | 0,628 | 0,694 | 0,170 |
| 2,1 | 0,411 | 0,018 | 0,441 | 0,429 | 0,145 |
| 2,5 | 0,245 | -0,164 | 0,297 | 0,492 | 0,235 |
| 2,9 | 0,097 | -0,200 | 0,206 | 0,600 | 0,679 |

* 1= 9/04/07-10/05/07; 2= 10/05/07-4/07/07; P

3= 4/07/07-31/10/07; 4= 31/10/07-2/01/07; 5= 2/01/08-11/03/08.

Conclusiones

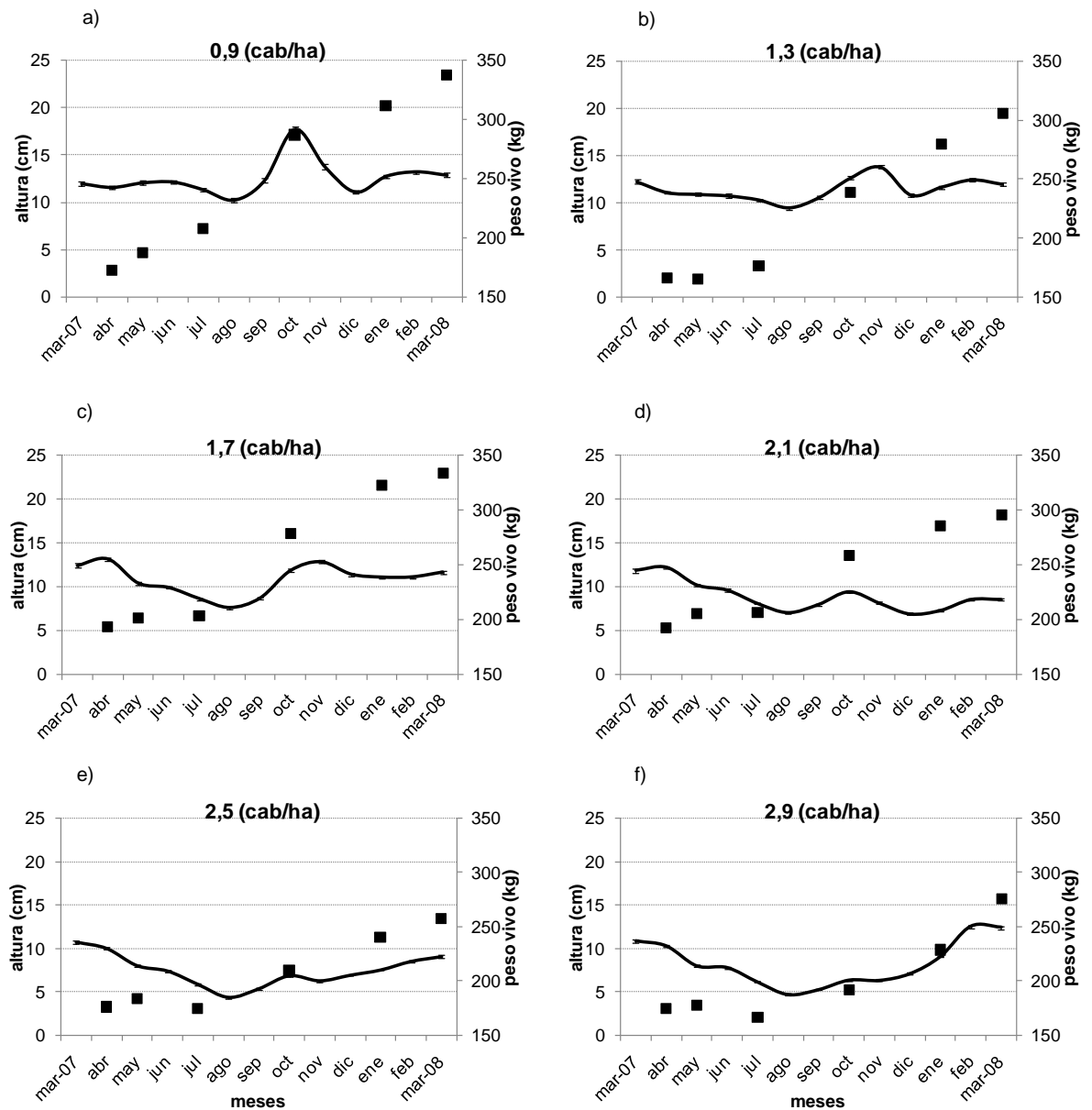


Figura 15. Altura de la pastura y evolución de peso vivo para la categoría ternera de reposición a lo largo del período experimental bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). Altura (cm) (—), peso vivo ternera reposición (kg) (■). Período 1= 9/04/07-10/05/07; Período 2= 10/05/07-4/07/07; Período 3= 4/07/07-31/10/07; Período 4= 31/10/07-2/01/08; Período 5= 2/01/08-11/03/08.

4.8. PESO VIVO Y VARIACIÓN DE PESO DE LOS ANIMALES

En la Figura 16 se presenta la variación de peso vivo global (VPV) durante el período de ensayo para cada una de las categorías y niveles de carga animal objetivo. El ajuste de regresión lineal tanto para la categoría vaca adulta (VPV (kg/día)= $0,21-0,08*CO$) como vaca primípara (VPV (kg/día)= $0,19 - 0,11*CO$) no fue significativo ($P=0,1514$, $R^2=0,30$; $P=0,0972$, $R^2=0,42$, para vaca adulta y primípara, respectivamente), no siendo así para la categoría ternera de reposición (VPV= $0,06-0,13*CO$, $P=0,0165$, $R^2=0,74$).

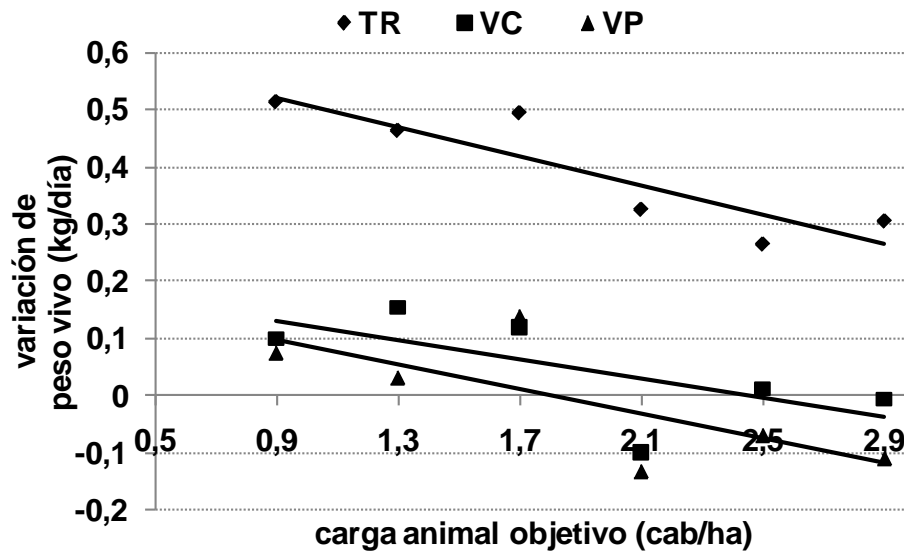


Figura 16. Variación de peso vivo globales (kg/día) para la categoría vaca adulta (VC), vaca primípara (VP) y ternera de reposición (TR), para cada uno de los niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

Como puede apreciarse en la Figura 17 el peso vivo presentó fluctuaciones a lo largo de todos los períodos para todas las cargas objetivo. Se observó una disminución de peso vivo hacia el inicio de servicio para la categoría vaca adulta y primípara en las cargas objetivo de 2,1; 2,5 y 2,9 cab/ha.

Conclusiones

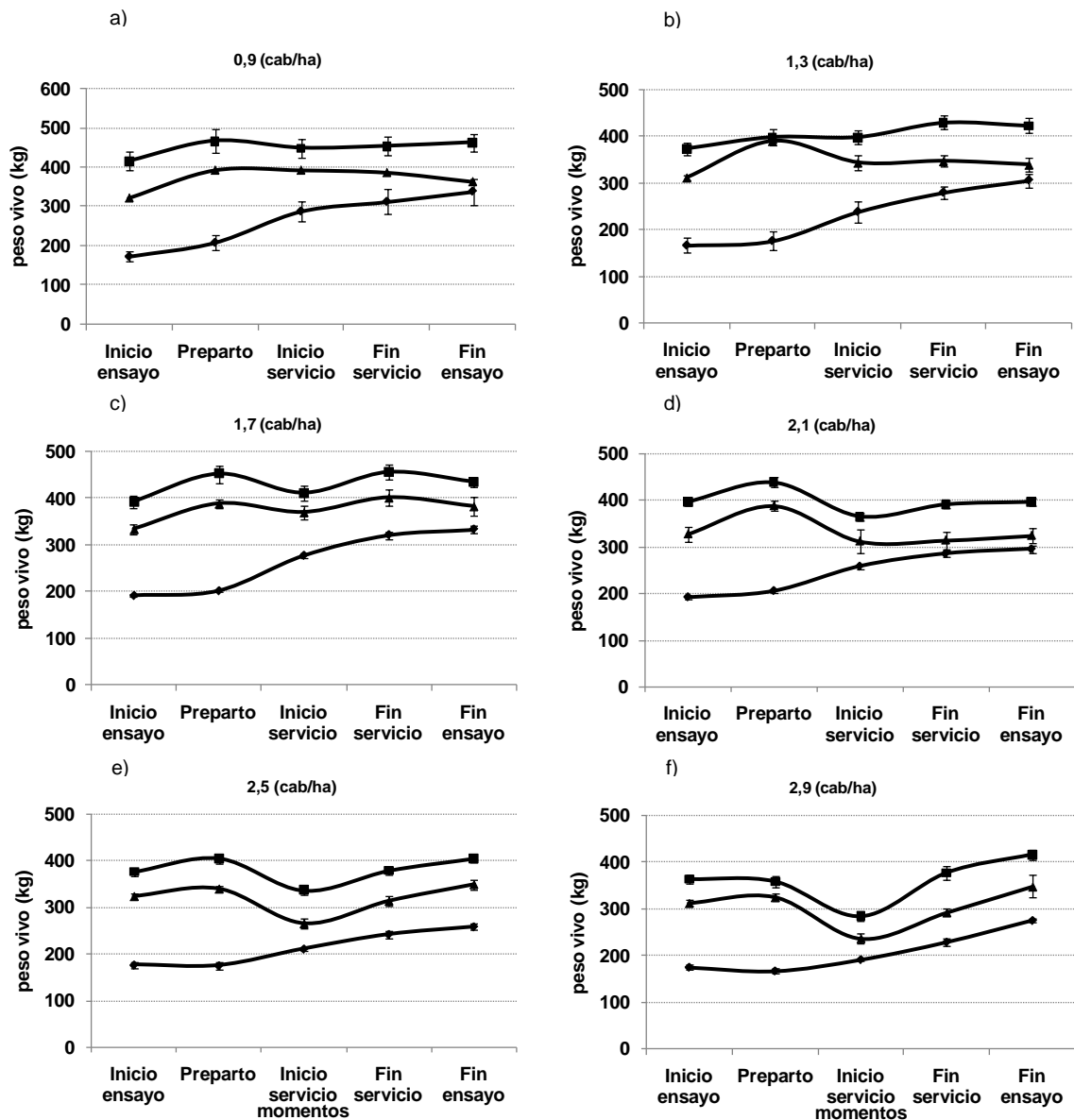


Figura 17. Peso vivo (kg) de la categoría vaca adulta (■), vaca primípara (◆) y ternera de reposición (▲) para los distintos niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

En la Figura 18 se presenta el ajuste de regresiones para el peso al nacimiento y destete y la ganancia de peso vivo de los terneros producidos bajo diferentes niveles de CO. El modelo lineal para el peso al nacimiento (PESONAC) no fue significativo. $PESONAC=27,1-1,5*CO$ ($P=0,1327$, $R^2= 0,47$). Por el contrario, el peso al destete (PESODEST) presentó una respuesta de tipo lineal significativa ($PESODEST=264,8-71,6*CO$; $P=0,0025$, $R^2= 0,90$) el cual disminuyó a medida que la carga animal objetivo se incrementó. Asimismo, cuando la carga animal objetivo aumentó, se observó una caída en

la GDP siguiendo un comportamiento de tipo curvilíneo ($GDP = 0,47 + 0,53 \cdot CO - 0,19 \cdot CO^2$; $P = 0,0210$ $R^2 = 0,87$).

Por otra parte, la edad al destete disminuyó a medida que la carga animal objetivo se incrementó ($EDAD = 286,4 - 72,8 \cdot CO$; $P = 0,0015$, $R^2 = 0,9210$). (Figura 19).

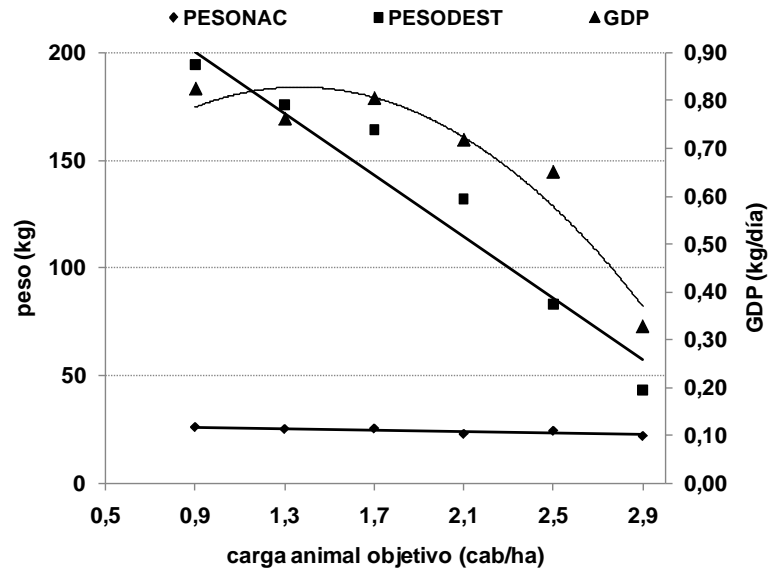


Figura 18. Peso al nacimiento (PESONAC), peso al destete (PESODEST, kg) y ganancia de peso vivo (GDP, kg/día) en terneros para los distintos niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

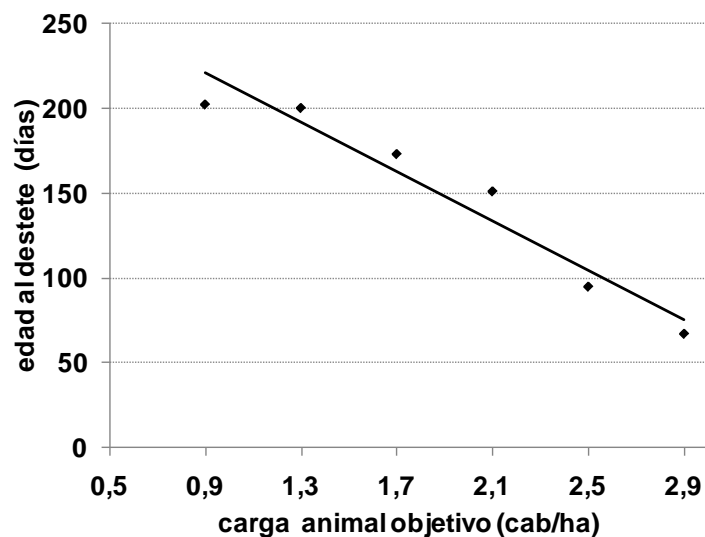


Figura 19. Relación entre la edad al destete de los terneros y diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

4.9. CONDICIÓN CORPORAL

En la Figura 20 se muestra la CC a lo largo de diferentes momentos durante el período de ensayo para cada una de las CO. En todas las CO hasta el parto hubo una caída de CC. Sin embargo posterior al mismo se observó un incremento de la CC en las CO de 0,9; 1,3; 1,7 y 2,1 cab/ha presentando un comportamiento similar con fluctuaciones en la CC entre 3 y 4,6 puntos. Al inicio del servicio la CO de 0,9; 1,3; 1,7 y 2,1 cab/ha presentaron una CC por encima de 3. Las CO de 2,5 y 2,9 cab/ha presentaron un patrón similar entre ellas, con una caída de CC al inicio del servicio (por debajo de 3), siendo más abrupta para la categoría vaca primípara (2,1 y 1,7 puntos de CC para las CO de 2,5 y 2,9 cab/ha). Las vacas adultas y primíparas que ingresaron a servicio luego de que la regla de decisión operara (R2 en vaca adulta y primípara en CO 2,9 cab/ha y sólo en vaca adulta en la CO de 2,5 cab/ha) presentaron una CC en el rango de 2,2 - 2,7 puntos. Sin embargo, una vez finalizado el servicio se observó una mejora en la CC de los vientres ubicando el rango de CC entre los 2,4 - 3,1 puntos.

Conclusiones

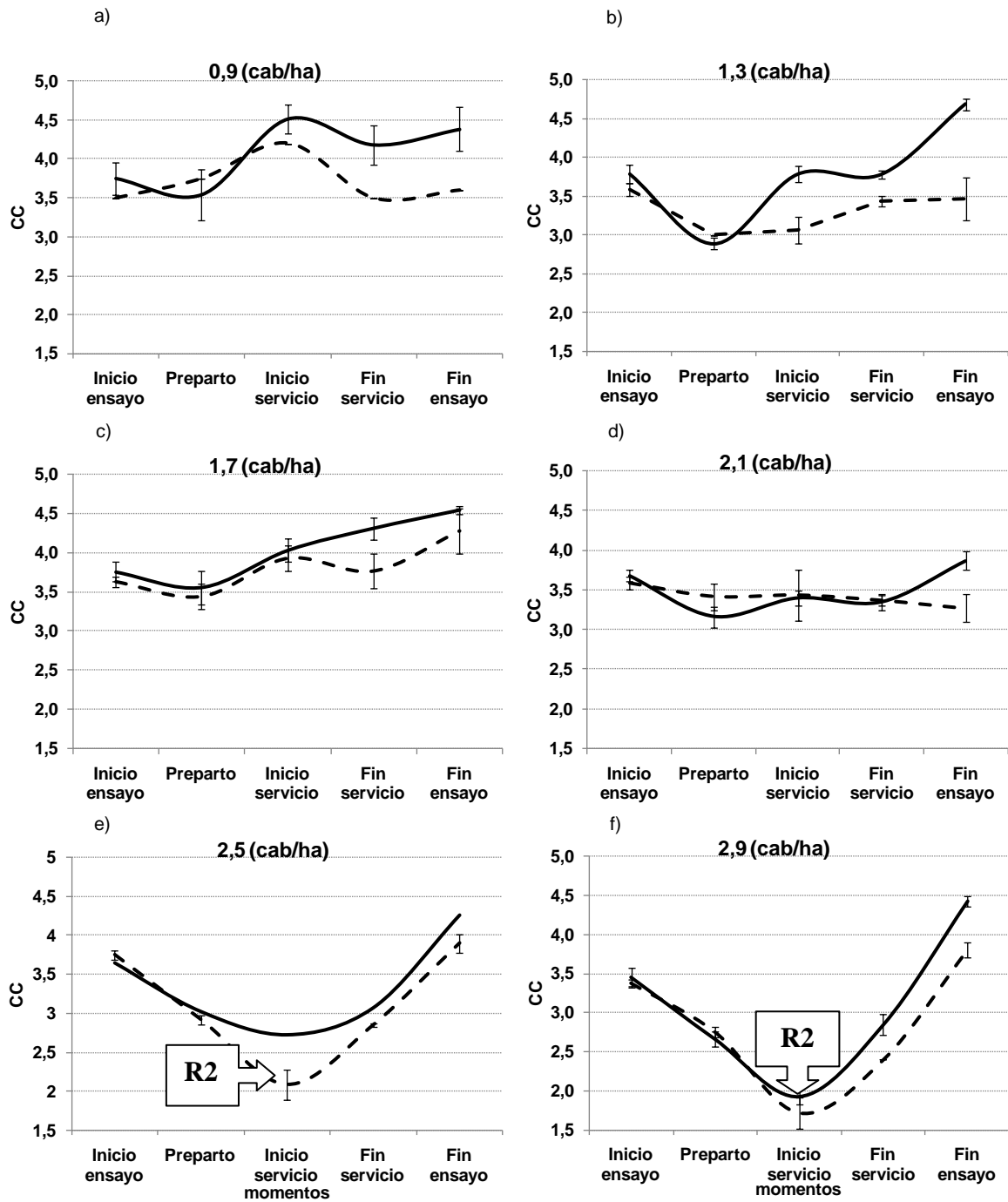


Figura 20. Evolución de la condición corporal (CC) a lo largo de diferentes momentos productivos para los distintos niveles de carga animal objetivo (cab/ha). Vaca adulta (—), vaca primípara (- -). R2= venta de vientres por condición corporal <2 (escala 1-5).

4.10. RESULTADOS REPRODUCTIVOS

En la Figura 21 a, se observan los índices reproductivos del rodeo general bajo los diferentes niveles de CO.

El porcentaje de preñez para el rodeo general se corresponde con el servicio realizado en el año 2007. El menor valor de preñez fue observado en el rodeo de la CO de 2,9 (66,7%), mientras que los demás oscilaron entre 88 y 100%. Si bien el efecto de la CO sobre la preñez de los rodeos no alcanzó el nivel de significancia establecido ($P= 0,0815$), el bajo porcentaje observado en la CO de 2,9 tiene un significado biológico. En la Figura 21 b, se observa que el porcentaje de preñez de las vacas adultas fue del 100% en todas las CO. Los valores de preñez de las terneras fueron menores en las CO más altas, particularmente en la CO de 2,9 (33 %), pero los análisis estadísticos por categoría no fueron efectuados por el bajo número de animales en cada categoría.

La mortandad de terneros osciló entre 1 a 3 terneros representando porcentajes sobre el total del rodeo entre el 5 y el 20 %. Sin embargo, aunque biológicamente la diferencia es importante, el test no evidenció diferencias significativas ($P= 0,7291$).

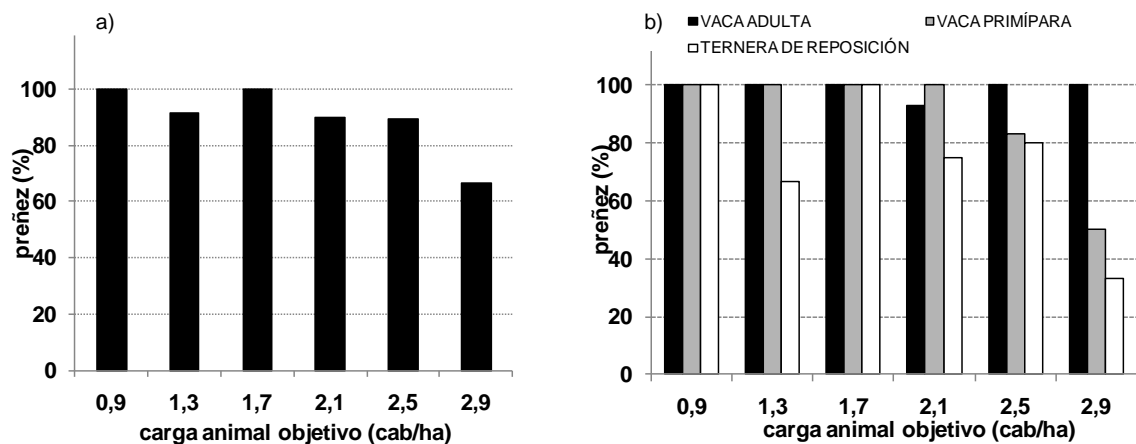


Figura 21. Indicadores reproductivos para los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

4.11. RESULTADOS FÍSICOS Y ECONÓMICOS DEL SISTEMA

La producción de terneros, expresada en kg/ha/año, mostró una respuesta curvilínea ($PRODKGTER = 201,92 \cdot CO - 58,87 \cdot CO^2$; $P < 0,01$; $R^2 = 0,97$), (Figura 22). De acuerdo a esta función la producción de terneros máxima estimada es de 173,1 kg/ha/año, a una CO de 1,7 cab/ha y la productividad es mayor a 170 kg/ha/año en el rango de 1,7 a 1,9 cab/ha.

En cuanto al número de terneros producidos (cab/ha/año) se observa una respuesta lineal ($PRODCABTER = 0,6488 \cdot CO$; $P < 0,01$; $R^2 = 0,99$) (Figura 22), indicando, que por cada unidad de carga el número de terneros se incrementó en 0,65 cab/ha.

Es importante observar que la carga óptima para producir la máxima producción de terneros/ha no fue la CO en donde se produjo el mayor número de cabezas (Figura 22).

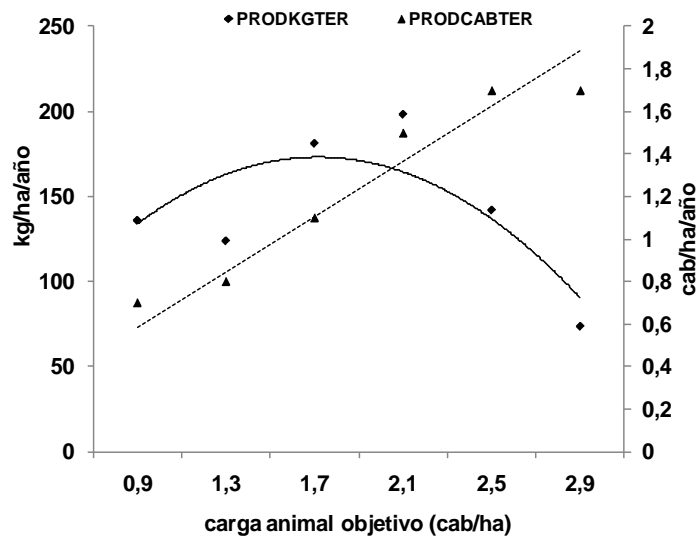


Figura 22. Producción de terneros durante el período de ensayo bajo los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). $PRODKGTER$ (kg/ha/año) (—) y $PRODCABTER$ (cab/ha/año) (- - -).

En cuanto a la venta de terneros se observa la misma tendencia (polinómica grado dos y lineal para los kilogramos y número de terneros vendidos, respectivamente) (Figura 23). Sin embargo, los kilogramos y el número de terneros vendidos fueron menores a los producidos debido a que en todas las CO salvo en 2,9 cab/ha (por acción de las reglas de decisión, R3) se retuvo parte de las terneras para reposición. Las ventas expresadas en kilogramos y cabezas de terneros siguieron las siguientes funciones $TERKGVEN =$

$152,2*CO-43,21*CO^2$ ($P<0,01$, $R^2= 0,97$) y $TERCABVEN= 0,5728*CO$ ($P<0,01$, $R^2=0,99$). Los kilogramos de ternero vendido aumentaron con la CO alcanzando su valor máximo de 134,02 kg cuando la CO asumió un valor de 1,76 cab/ha (Figura 23).

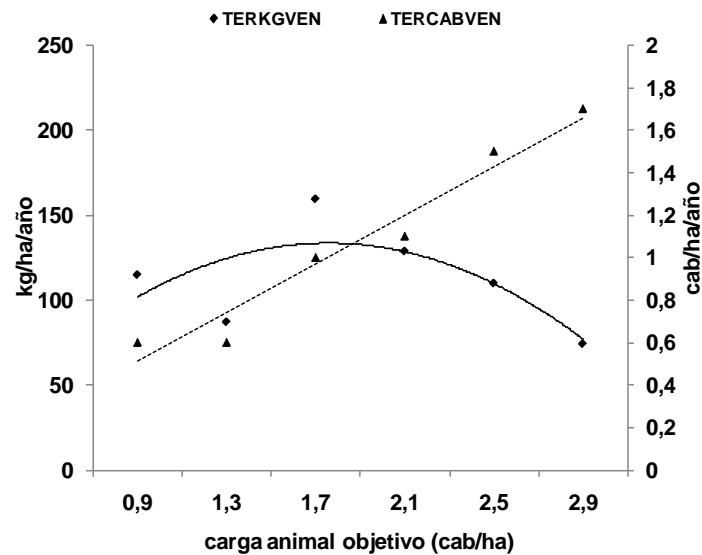


Figura 23. Ventas de terneros durante el período de ensayo bajo los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha). TERKGVEN (kg/ha/año) (—) y TERCABVEN (cab/ha/año) (- - -).

La venta de vientres aumentó con la CO (Figura 24), siguiendo la siguiente función: $VACKGVEN$ (kg/ha/año)= $-62,21*carga + 67,61*carga^2$ ($P<0,01$, $R^2= 0,83$) y $VACABVEN$ (cab/ha/año)= $-0,31*carga + 0,26*carga^2$ ($P<0,01$, $R^2=0,76$).

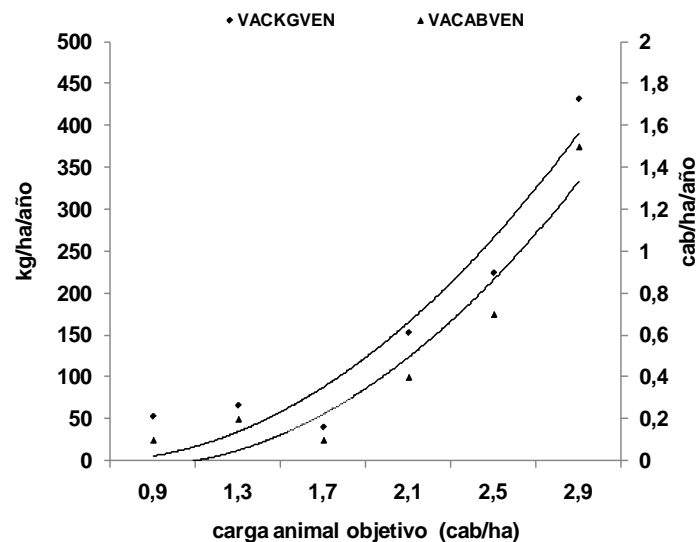


Figura 24. Venta de vientres. VACKGVEN (kg/ha/año) (—), VACABVEN (cab/ha/año) (- .) bajo los diferentes niveles de carga animal objetivo.

La producción de carne (PRODHA) mostró una respuesta curvilínea a la CO, $PRODHA = 320 \cdot CO - 100 \cdot CO^2$ ($P=0,0003$, $R^2=0,98$) (Figura 25). Según esta función la PRODHA máxima es de 256 kg/ha con una CO de 1,6 cab/ha y PRODHA, es mayor a 256 kg/ha en un rango relativamente amplio (1,5 a 1,8 cabezas/ha). En la CO de 2,5 y 2,9 cab/ha, hubo un alto número de vientres vendidos (siendo mayor en 2,9 cab/ha) para cumplir con las reglas de decisión, lo cual generó una diferencia de inventario negativa que redujo la PRODHA (R1; R2, ver punto 3.7) (Figura 25).

En cuanto a los resultados económicos de los sistemas (Cuadro 9), se observó que la CO de 2,1; 2,5 y 2,9 cab/ha presentaron una diferencia de inventario de animales (DIFA) negativas como consecuencia del menor peso de los vientres al final del período.

La diferencia de inventario de heno (DIFH) se tornó más negativa a medida que la CO se incrementó y en consecuencia el mayor MB estimado (352,5 \$/ha/año) se obtuvo a una menor carga animal objetivo (1,0 cab/ha), $MB = 103,7 + 495,4 \cdot \text{carga} - 246,5 \cdot \text{carga}^2$ ($P=0,0178$, $R^2=0,93$, Figura 25).

Finalmente, las CO con mayor PRODHA tuvieron un costo por kilogramo de carne producido (COSPROD) menor como consecuencia de la dilución de los costos. Cabe aclarar que en el cálculo de COSPROD no se consideró la DIFH.

Cuadro 9. Resultados económicos y ecuaciones estimadas para cada variable para los diferentes períodos bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

| Variable | carga animal objetivo (cab/ha) | | | | | | Ecuación | P valor | R ² |
|---------------------|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|----------------------------------|---------|----------------|
| | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 2,9 | | | |
| DIFA (\$/ha/año) | 93,6 | 96,0 | 144,6 | -114,6 | -448,0 | -756,3 | $y = -411,8 + 868,3x - 343,9x^2$ | 0,0022 | 0,98 |
| DIFH (\$/ha/año) | 80,4 | -16,6 | -80,4 | -198,7 | -160,9 | -255,5 | $y = 344,2 - 336,8x + 46,7x^2$ | 0,0125 | 0,95 |
| IN (\$/ha/año) | 687,6 | 484,0 | 644,0 | 322,9 | -14,2 | -222,8 | $y = 474,8 + 399,1x - 224,7x^2$ | 0,0177 | 0,93 |
| CD (\$/ha/año) | 297,6 | 287,0 | 281,3 | 251,5 | 266,3 | 278,4 | $y = 371,1 - 96,3x + 21,8x^2$ | 0,1383 | 0,73 |
| COSPROD (\$/kg) | 1,5 | 1,4 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 4,4 | $y = 6,3 - 6,8x + 2,1x^2$ | 0,0709 | 0,83 |

x = carga animal objetivo (CO); DIFA=diferencia de inventario de animales; DIFH= diferencia de inventario de heno; IN= ingreso neto; CD= costo directo; COSPROD= costo por kilogramos de carne producido.

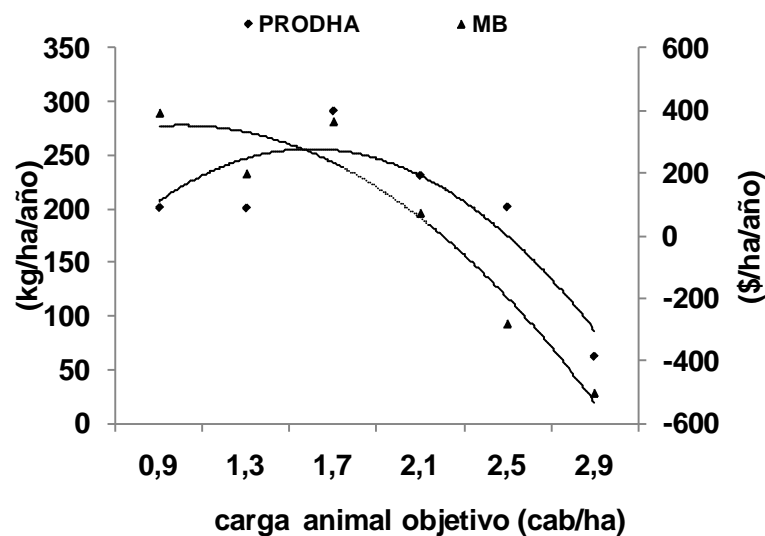


Figura 25. Producción de carne (PRODHA, kg/ha/año) (—) y margen bruto (MB, \$/ha/año) (- -) durante el período marzo 2007- marzo 2008 para los diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

5. DISCUSIÓN

En esta sección, en primera instancia, se discutirá acerca de los componentes de cada subsistema (manejo, pasturas y animales), y posteriormente se analizará la relación funcional entre la productividad física y los resultados económicos del sistema en función de la carga objetivo.

5.1. SUBSISTEMA MANEJO: REGLAS DE DECISIÓN

Las reglas de decisión se diseñan al momento de establecer estrategias productivas con el objeto de planificar las actividades necesarias para el logro de los objetivos que se hayan propuesto. Al ser enunciadas *a priori* aseguran que se contemplen las acciones en un marco global y de largo plazo, contribuyendo a evitar decisiones de urgencia que sólo consideren la situación del momento, sin advertir consecuencias futuras. Las reglas evaluadas pueden ser revisadas y/o modificadas de acuerdo a su funcionalidad o ante cambios en los propósitos para las que fueron creadas.

Las reglas son concebidas para minimizar variaciones del sistema, manteniendo al mismo tiempo su flexibilidad y productividad, y son de suma importancia al trabajar en sistemas con un gran dinamismo, como son las producciones agropecuarias que están expuestas a una alta variabilidad climática.

En el marco de esta tesis se diseñaron y evaluaron reglas de decisión en un sistema de pastoreo continuo con vacas de cría. Un conjunto de reglas principales que intentó mantener la pastura dentro de un rango de altura (R0) se complementó con otras referidas al manejo de los animales. Las reglas principales tuvieron por finalidad favorecer la producción y el aprovechamiento del forraje a lo largo del año, mientras que las reglas complementarias estuvieron destinadas a ajustar la demanda de nutrientes de los animales con la oferta forrajera para asegurar la productividad del rodeo. Su acción conjunta tuvo por objetivo contribuir a la estabilidad y la productividad del sistema.

La regla de decisión que mayor incidencia tuvo sobre el funcionamiento del sistema fue la R0. Esta regla, que se encuentra relacionada con el control de los aspectos ecofisiológicos sugeridos por la literatura para el manejo de las pasturas, intentó mantener la misma dentro de un rango de alturas. En líneas generales ello fue posible durante todo el año mediante la aplicación de esta regla (Figura 9). En las cargas objetivo más bajas

(menores a 2,1 cab/ha) esto fue logrado mediante la regulación del área de pastoreo que actuó como *buffer*. No obstante, en las más altas fue necesario, además de la regulación del área de pastoreo, la aplicación de reglas complementarias para mantener la altura de las pasturas (destetes y/o venta de animales). Esto concuerda con los resultados de Maxwell *et al.* (1994), Sibbald *et al.* (1994) y Wright *et al.* (1996) que utilizaron esta metodología y/o la inclusión de suplementos estratégicos como amortiguadores.

Es importante notar que si bien fue posible mantener el rango de altura de las pasturas en las cargas objetivo más bajas (0,9 cab/ha) la cantidad de veces que las reglas debieron ser aplicadas para este fin fue mayor, y algunas veces determinó cambios consecutivos y contrapuestos para controlarla. Como se puede observar en la Figura 8 el 73,7 % de los cambios realizados en una semana fueron contrapuestos a los de la semana siguiente (reducción del área de pastoreo en una semana seguido por el incremento del área en la semana siguiente). Esto podría estar indicando, principalmente en las cargas objetivo más bajas, que el control de la altura mediante mediciones semanales podría involucrar un esfuerzo que no se vería reflejado en el logro de los objetivos propuestos. Es decir, que tal vez no sería necesario el riguroso control semanal de las pasturas en cargas bajas de manera de optimizar el tiempo destinado al manejo del sistema. Si bien la R0 estaba planteada con el objeto de tomar las decisiones en forma semanal, la toma excesiva de decisiones posiblemente se debió a un desacople entre las mediciones y la manifestación de la respuesta esperada. Esto es concordante con lo mencionado por Senge (1990) sobre el tiempo de demora en la acción de la regla y el cambio esperado, hecho que se encuentra estrechamente relacionado con la inestabilidad en el comportamiento del sistema.

Sin embargo, si bien la aplicación de la R0 y las reglas complementarias lograron mantener el rango de altura, es necesario mencionar que su aplicación parecería más eficiente en las estaciones de otoño, invierno y verano que en primavera (Figura 12). Algunos autores como Hutchings *et al.* (1992) cuestionan la regla de mantener la altura de la pastura dentro de un rango propuesta por Hodgson (1990) y señalan que la misma resultaría menos efectiva en momentos de crecimiento activo de la pastura. En consecuencia, estos autores proponen una regla alternativa basada en un rango de altura complementada con evaluaciones de biomasa, consumo y un factor de corrección por crecimiento del forraje. En el contexto de este ensayo, si bien lo propuesto por Hutchings *et al.* (1992) podría tomarse como una alternativa para mejorar el control de altura

parecería complejo de aplicar en sistemas de cría pastoriles. Por otro lado, es necesario notar que mediante la aplicación de la regla adaptada a partir de los conceptos de Hodgson (1990) las pasturas que sobrepasaron el rango (hecho que ocurrió principalmente en las cargas objetivo más bajas) fueron controladas en un período de tiempo relativamente corto.

El control de la altura dentro de los límites establecidos permitió, en algunos casos, generar reservas forrajeras que se utilizan para la alimentación de las vacas multíparas durante el período invernal hasta el parto (R5 y R7). Esta superficie clausurada, a la que se dio en llamar área de clausura pudo ser utilizada como amortiguador de la altura o para generar reservas forrajeras en función de condiciones impuestas para la confección de heno (10% de floración) (R6). En las cargas objetivo por debajo de 2,1 cab/ha fue posible generar reservas forrajeras que serían utilizadas en el invierno siguiente permitiendo dar una continuidad al sistema. Esto concuerda con lo descrito por Illius *et al.* (1987) que mencionan que la producción y transferencia de reservas puede ser utilizada en períodos de déficit proporcionando estabilidad al sistema. Sin embargo, en las cargas mayores a 2,1 cab/ha no fue posible generar reservas forrajeras, lo cual compromete la estabilidad y funcionalidad del sistema para el año próximo, excepto que se aporten insumos externos.

Las reglas de decisión adicionales estuvieron vinculadas con el manejo de los animales y su aplicación estuvo planificada en distintos momentos del año. Las mismas estuvieron vinculadas a la reducción del *stock* y el destete anticipado de los terneros. En particular, la regla de decisión de reducción del 10% de la carga por altura crítica de la pastura (R1), sólo se aplicó en las cargas objetivo de 2,5 y 2,9 cab/ha donde permitió atenuar la caída de la altura de la pastura. La aplicación de esta regla tendió a mitigar la disminución de la altura mediante la reducción en el número de vientres; sin embargo, si el umbral mínimo de altura hubiera sido mayor a 5 cm, la reducción de carga se hubiera producido antes mejorando la biomasa aérea de forraje para una mayor captación de la radiación solar (Johnson; Parsons, 1985). El umbral inferior de esta regla pudo no ser el apropiado por lo que se podría pensar en que probablemente resulte necesario un reajuste de la misma ya sea, mantener el umbral mínimo de altura (5 cm) pero incrementar la venta de vientres, o elevar el valor de altura (> 5 cm) y conservar el porcentaje de vientres que se destinan para la venta en la versión actual de la regla (10%).

Otras reglas de decisión que se aplicaron a los animales fueron, como ya fue mencionado, las aplicadas a los vientres y a los terneros. La regla R2, que también

involucra reducción de la carga, opera según el estado corporal de los vientres. Esta regla que actuó durante todo el año fue aplicada fundamentalmente en las cargas más altas durante el inicio del servicio (Figura 9). La R2 actuó conjuntamente con la R3 (regla relacionada con el destete precoz e hiperprecoz) y ambas tuvieron por objeto permitir una recuperación de los vientres para el próximo servicio. A través de la aplicación de R3, en las cargas 2,5 y 2,9 cab/ha, fue posible recuperar la condición corporal de aquellos vientres que presentaron valores menores a 2,75 y podría haber influido en mejorar los índices de preñez en las vacas. Estos resultados concuerdan con los de Peterson *et al.* (1987) quienes observaron que el destete hiperprecoz permitió preservar la condición corporal de las vacas. Estos autores, señalan que las vacas destetadas en forma hiperprecoz ganaron 2,5 kg, mientras que las destetadas en forma tradicional perdieron 18,2 kg. El destete hiperprecoz permitió reducir el costo energético de la lactancia, mientras que las vacas que amamantaron el ternero durante ese período perdieron condición corporal debido a la energía requerida para la lactancia (Peterson *et al.*, 1987). Resultados de estudios nacionales concuerdan con lo presentado por Peterson *et al.* (1987) y rescatan la importancia de la utilización de este tipo de destete en forma selectiva para la preservación de la condición corporal y la funcionalidad reproductiva de los vientres (Galli *et al.*, 2005). Alternativamente, la regla del destete hiperprecoz podría haber sido reemplazada por el aporte de suplemento tal como fue presentado por Maxwell *et al.* (1994).

La cantidad de heno disponible y/o la existencia de área de clausura (punto 4.3, Resultados) determinaron la fecha de ingreso de las vacas multíparas a los corrales (por acción de R7, R5 y R4). En las cargas menores a 1,7 cab/ha el ingreso a alimentación a corral con heno se retrasó hasta la primera semana de mayo por la disponibilidad de AC (R7). La R7 permitió, por medio del área de clausura, que los vientres continuaran en la pastura consumiendo forraje con un mayor valor nutritivo respecto al heno (Ricci *et al.*, 2007). Por el contrario, en las cargas mayores a 2,1 cab/ha el ingreso se vio retrasado por la menor disponibilidad de heno para cubrir el período de 120 días de restricción (R5, 4.6, Resultados). La menor producción de heno en cargas altas ya ha sido observado previamente por Romera *et al.*, (2005 c). En enero de 2008, operó la R4 en las cargas objetivo de 1,7 a 2,5 cab/ha. Se realizó el cálculo de asignación de heno para las vacas multíparas para el invierno (en las cargas objetivo de 2,1 y 2,5 cab/ha no produjo heno), el cual resultó insuficiente, por lo que se procedió a destetar anticipadamente a los terneros

con un doble propósito: preservar la condición corporal de la vaca y *economizar* el pasto que consumiría el ternero si permaneciera en el sistema. La ventaja implícita que presentó la R4 es que al ser aplicada al fin del servicio permitió actuar anticipadamente respecto de la falta de heno para cubrir el período subsiguiente.

Del análisis de los resultados se presenta claramente que fue necesaria la aplicación de varios tipos de reglas para mantener el sistema en funcionamiento. Para mantener la altura dentro de los 10 a 15 cm no sólo fue necesaria la aplicación de reglas propias de la pastura, sino también la aplicación de reglas que involucraron a los animales. En las bajas cargas objetivo tendieron a operar en mayor medida las reglas vinculadas con las pasturas (modificaciones del área de pastoreo), mientras que en las altas cargas objetivo las relacionadas a los animales (destete anticipado, ventas). Esto es coincidente con el trabajo de Maxwell *et al.* (1994) en ovinos que observaron que a cargas bajas fue necesario confeccionar más heno mientras que cuando la carga fue más alta se requirió administrar más suplemento a fin de mantener la altura en un rango definido *a priori*. De esta manera, la compra de suplemento permitió mantener la carga fija. Por otra parte, Tait *et al.* (1988) trabajaron con un sistema *buffer* que involucró reglas de decisión de regulación de la superficie de pastoreo, mientras que mantuvieron la carga y altura fijas. Estos autores mencionan que fue difícil mantener la altura de la pastura si sólo se tenía en cuenta la apertura y cierre del área *buffer*. Es entonces fundamental la consideración de varias reglas de decisión que *a priori* consideren aspectos sistémicos y que permitan hacer un control *eficiente* del sistema, es decir, una única regla no podrá contemplar todas las situaciones posibles debido a la complejidad de los sistemas de base pastoril.

Un punto muy importante a tener en cuenta en la presente tesis fue que la carga animal objetivo actuó como *buffer*, debido a que el protocolo no contempló la compra de alimentos para períodos de déficit por lo cual existieron reglas que determinaron que la carga objetivo fuera modificada. En el contexto de esta tesis, las reglas fueron robustas como para mantener la carga objetivo en las cargas menores a 1,7 cab/ha; sin embargo, en las situaciones donde las cargas objetivo fueron mayores se presentó el desafío de mantener los sistemas funcionando sin aporte externo y manteniendo la carga preplaneada, lo cual no fue posible. Por ello, las alternativas tales como las presentadas por Illius *et al.* (1987), Maxwell *et al.* (1994), Romera *et al.* (2005 b) y Galli *et al.* (2005) podrían ser consideradas en conjunto para ser exploradas en experiencias futuras.

5.2. SUBSISTEMA PASTURA

Varios parámetros fueron utilizados para describir el “estado” de la pastura, entre ellos la biomasa aérea de materia seca (kg MS/ha), la biomasa aérea de forraje verde (kg/ha) y la altura (cm). Algunos autores hallaron que la altura de lámina verde, más que la altura de la biomasa total, podría ser un buen predictor del consumo de materia seca en ovinos (Penning *et al.*, 1994). Otros autores mencionan la relación directa que existe entre la biomasa de la pastura y el área foliar en relación con la altura de la pastura (Birchman; Hodgson, 1983; Hodgson *et al.*, 1986). Más allá de las variables utilizadas para describir su estado, la altura de la pastura recibió especial atención por su facilidad de determinación y por ser un buen descriptor con respecto a otros atributos de la pastura. Es importante destacar que la altura no sólo ha sido utilizada en investigación (Birchman; Hodgson, 1983), sino también para establecer lineamientos de manejo del pastoreo a nivel comercial (Hodgson, 1990).

Los temas relacionados a la altura de la pastura, la confección de reservas y su variación anual han sido presentados en el punto anterior, por lo cual en esta sección se hará hincapié en aspectos relacionados con la biomasa aérea de forraje, el valor nutritivo de pasturas y su relación con la altura.

La masa forrajera normalmente se estima usando ecuaciones de regresión obtenidos a partir de la medición de altura y posterior corte de un área predefinida por un marco de muestreo, siendo necesario un muestreo periódico debido a que esta relación puede variar en el tiempo. De los resultados obtenidos en este estudio es importante resaltar que las calibraciones estacionales entre la altura de la pastura y la biomasa aérea de forraje son fundamentales para el control de la altura. Esto sugiere que para próximos estudios deberían tenerse en cuenta estos ajustes para el manejo del pastoreo (altura - biomasa, altura - índice de área foliar). Agnusdei *et al.* (2007) llegaron a conclusiones similares cuando trabajaron con *Thinopyrum ponticum*.

Sin embargo, no sólo la correspondencia estacional entre biomasa aérea de forraje y altura de la pastura es fundamental, sino también la confiabilidad de la estimación. Según Hodgson *et al.* (1999) esta relación resulta confiable cuando el valor del coeficiente de variación se encuentra en el rango de 12-15 % y el R^2 es como mínimo de 0,80. En los resultados de esta tesis se observaron valores de R^2 dentro de los rangos esperados para este tipo de muestreo (Murphy *et al.*, 1995; Harmony *et al.*, 1997; Machado *et al.*, 2003).

Sin embargo, el coeficiente de variación se encontró entre 23 y 56 % respecto al 15-20 % señalado por la bibliografía (Murphy *et al.*, 1995; Hodgson *et al.*, 1999). Este valor puede estar asociado con la variabilidad inherente que poseen las pasturas debido a su composición, producción y estructura (Hodgson *et al.*, 1999).

El manejo de una especie forrajera involucra un compromiso entre producción de materia seca y valor nutritivo del pasto. La cantidad de materia seca aumenta casi linealmente hasta el punto de madurez fisiológica; sin embargo, el valor nutritivo de ésta invariablemente decrece (Van Soest, 1994; Buxton, 1996). Asimismo, la relación directa entre la digestibilidad y el valor energético de los forrajes ha permitido utilizar este parámetro como criterio de evaluación. La digestibilidad de *Thinopyrum ponticum* es dependiente de la estación de crecimiento y el estado de desarrollo de la pastura (Gándara; Gómez, 1987; Santucho, 1987; Laplace, 1995; Pascuet, 2003).

Dentro de las características morfológicas de la pastura, el porcentaje de material vivo puede afectar significativamente la calidad nutritiva del forraje ofrecido, principalmente las láminas de las hojas dado que estas constituyen la fracción con mayor proporción de tejido altamente digestible. En esta tesis, los menores porcentajes de material vivo se encontraron en invierno lo cual resultó coincidente con los resultados observados por otros autores (Alonso; Borrajo, 2003).

Pascuet (2003) observó en pasturas dominadas por *Thinopyrum ponticum* que el material muerto tiene un valor de digestibilidad significativamente menor que las otras partes de las plantas (hojas de diferente estado fisiológico de desarrollo: jóvenes y adultas, y vainas), y también que ese material muerto no contribuye de manera importante en la dieta de los animales ya que consumen selectivamente las diferentes partes de las plantas. Por esto se puso especial énfasis en el porcentaje de material vivo aportado por las pasturas y en la digestibilidad de ese material vivo. El mayor valor de digestibilidad del material vivo se observó en primavera y disminuyó hacia el verano (78 a 65%), coincidiendo relativamente con lo informado por Laplace (1995) en pasturas dominadas por *Thinopyrum ponticum* en las que observó valores entre 71-78 % a medida que avanzó la estación de crecimiento.

La cantidad y la calidad del forraje, así como las contribuciones de material vivo y muerto a la masa forrajera total pueden variar en función de la altura de la pastura. Estudios realizados por Pavlu *et al.* (2006) sobre una pastura dominada por *Agrostis capillaris*, *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra*, *Aegopodium podagraria* y *Galium álbum*,

manejadas bajo pastoreo continuo encontraron diferencias en la calidad del forraje en función de la altura de la pastura. En tal sentido, los autores mencionan que aumentos en la altura determinan una disminución en el valor nutritivo del forraje por el incremento en la cantidad de material senescente. En esta tesis, en líneas generales, se observó que los porcentajes de digestibilidad entre las distintas cargas objetivo fue similar. Es importante notar que en este trabajo se intentó mantener la altura de la pastura dentro de un rango no existiendo coincidencia con lo propuesto por Pavlu *et al.* (2006). Por otra parte, Pascuet (2003) trabajando con *Thinopyrum ponticum* observó que alturas entre 8-11 cm en primavera y 6-11 cm en otoño no presentaban diferencias en los porcentajes de digestibilidad en la fracción hoja. Tal vez el rango de altura en este trabajo fue relativamente estrecho como para observar cambios en los valores de digestibilidad. En futuros estudios será necesario ampliar el tamaño del muestreo para encontrar diferencias en tal sentido.

En conclusión, una mayor altura determinó una mayor biomasa aérea de forraje; sin embargo, se encontraron diferencias estacionales en los valores de biomasa aérea. Cabe aclarar que la pastura se mantuvo en estado vegetativo mediante el control de la altura entre 10-15 cm por lo que no se esperaban grandes diferencias en los valores de porcentaje de material vivo y digestibilidad. Los porcentajes de material vivo tendieron a aumentar con las cargas objetivo; no obstante la digestibilidad se mantuvo en un rango relativamente estrecho, aunque se observaron para estas variables diferencias estacionales. En el invierno el porcentaje de material vivo fue menor mientras que la digestibilidad presentó un pico en primavera. En algunas situaciones las alturas cayeron por debajo del rango, lo cual podría haber generado diferencias. El número de muestras por estación pudo ser insuficiente pero, el objetivo fue sólo tener una descripción del subsistema pasturas y un experimento con mediciones exhaustivas hubiese excedido los propósitos de la presente tesis.

5.3. SUBSISTEMA ANIMAL

La eficiencia en los sistemas de cría depende en gran medida de los índices reproductivos logrados, los cuales están afectados por el nivel nutricional de los vientres (Morrison *et al.*, 1999). La condición corporal es una herramienta que permite

indirectamente estimar el nivel nutricional de los animales. Algunos autores indicaron que la condición corporal al parto influye en la respuesta reproductiva (Richards *et al.*, 1986; Selk *et al.*, 1988; De Rouen *et al.*, 1994), mientras que otros han observado que un buen indicador del período de anestro posparto podrían ser los cambios en la condición corporal después del parto más que antes del mismo (Rutter; Randel, 1984). En líneas generales, los resultados del presente ensayo indican que vacas con una condición corporal al inicio del servicio de 2,7 (luego de la aplicación parcial de la R3 y R2) y 2,2 (luego de la aplicación de la regla R3 al total de las vacas y R2) para las cargas objetivo de 2,5 y 2,9 cab/ha, respectivamente, resultaron preñadas. Probablemente la recuperación durante el transcurso del servicio (0,4 y 0,7 puntos para la carga objetivo de 2,5 y 2,9 cab/ha, respectivamente) permitió reiniciar tempranamente la actividad sexual posparto lo cual mejoró las tasas de preñez en estos vientres (Rutter; Randel, 1984). Las cargas objetivo por debajo de 2,5 cab/ha presentaron al inicio del servicio una condición corporal por encima de 3, lo cual permitió lograr índices de preñez superiores al 90%. Estos resultados concuerdan con los observados en la unidad intensiva de cría vacuna (Carrillo *et al.*, 1998) y se encuentran por encima de los observados por Maresca *et al.* (2008) en sistemas reales de producción.

Por otra parte, en la carga objetivo más alta, las terneras de reposición presentaron al servicio un peso menor al 65% del peso adulto esperado para que esta categoría alcance la pubertad (Sanders, 1974). Como consecuencia, la mayoría de las terneras resultaron vacías al tacto (Figura 21). Este resultado se puede explicar porque en las cargas objetivo más altas las terneras de reposición perdieron peso durante el otoño-invierno (-0,164 a -0,200 kg/día) hecho atribuido a la disminución en la altura de las pasturas. En líneas generales, las ganancias de peso de las terneras en las cargas menores a 2,1 cab/ha fueron ligeramente más elevadas en algunos períodos con respecto a los valores mencionados en la región (Burgess, 1994). Esto podría estar asociado con las diferentes alturas y proporción de material vivo en cada carga objetivo durante el año.

La relación entre la altura de las pasturas y la variación de peso vivo ha sido objeto de estudio en diversas investigaciones. En tal sentido Wright (1988) indica que la ganancia de peso y la altura siguen una relación curvilínea. Aumentos en la altura, generan aumentos en la ganancia de peso hasta un punto en el cual, un incremento de altura no genera incrementos en la ganancia de peso debido a la caída en el valor nutritivo del forraje. Esto no se observó en esta tesis. En líneas generales se observó para todas las

cargas objetivo una mayor ganancia de peso de las terneras de reposición a medida que incrementó la altura de la pastura. De manera similar, Donzelli *et al.* (2009) evaluaron el consumo de vacas adultas sobre pasturas de *Thinopyrum ponticum* en los mismos módulos donde se realizó esta tesis observando que a mayor altura el consumo resultaba ser mayor. Probablemente el manejo impuesto permitió que las pasturas se mantuvieran en estado vegetativo, conservando un valor nutritivo relativamente similar dentro del rango de altura permitido, lo cual restringió los cambios fenológicos de las pasturas (elongación de tallos y floración) que están asociados a las mayores pérdidas de calidad (Ricci *et al.*, 2007).

El resultado de un óptimo manejo del rodeo de cría se refleja en el número y peso de los terneros destetados. Es por ello que, el crecimiento del ternero es un factor determinante para la productividad del sistema. Algunos autores indican que una restricción nutricional, antes del parto, podría dar como resultado una disminución en el peso al nacimiento en los terneros (Russel *et al.*, 1979). Sin embargo, en la presente tesis, esta situación no se observó, probablemente, porque los vientres presentaron un rango de condición corporal al parto por encima de 2,7 lo cual podría no haber afectado el peso al nacimiento de los terneros.

Las bajas ganancias de peso observadas en los terneros, en las cargas más altas, (Figura 18) podrían estar relacionadas con las bajas alturas de las pasturas durante el período de lactancia. Desde el parto hasta el destete hiperprecoz, en las cargas más altas, se registraron alturas entre 4 y 7 cm, mientras que en las cargas más bajas se encontraron por encima de los 7 cm. En las cargas altas un menor consumo de energía y, consecuentemente una menor producción de leche de las madres, podría haber afectado la ganancia de peso en los terneros (Rutledge *et al.*, 1971; Totusek *et al.*, 1973), hecho que aparentemente no ocurrió en las cargas más bajas.

Por otra parte, los resultados de este ensayo indican una relación lineal negativa entre cargas objetivo con el peso y la edad al destete de los terneros. Esto ocurrió porque los terneros provenientes de los rangos de carga entre 1,7 a 2,9 cab/ha fueron destetados anticipadamente por la acción de las reglas impuestas (Figura 9). En las cargas de 1,7 y 2,1 cab/ha fue necesario efectuar el destete anticipado, en la de 2,9 cab/ha se realizó destete hiperprecoz, mientras que en la carga de 2,5 cab/ha se aplicaron los dos tipos de destete. Es importante notar que tanto el destete anticipado como el hiperprecoz se realizó con independencia de la categoría del vientre y teniendo en cuenta principalmente

el estado corporal de los mismos. El destete hiperprecoz permitió mejorar la condición corporal de las vacas adultas y primíparas durante el período de servicio; sin embargo, los terneros producidos tuvieron una menor edad y peso al destete, lo cual coincide con la bibliografía (Galli *et al.*, 1996; Feldkamp *et al.*, 2005 d). La utilización del destete hiperprecoz tuvo un impacto positivo en el sistema principalmente sobre los vientres, permitiendo una mejora en su ganancia de peso, su condición corporal, la reanudación del ciclo estral y en los índices de preñez, ventaja que no se trasladaría a la producción en kilogramos de ternero (Peterson *et al.*, 1987; Arthington; Kalmbacher, 2003). Esta técnica se ha utilizado en situaciones de déficit forrajero con resultados alentadores (Feldkamp *et al.*, 2005 b; Ponssa *et al.*, 2007), así como en aquellas categorías que resultan difíciles de preñar por su condición corporal crítica (Galli *et al.*, 1996; Ponssa *et al.*, 2007).

Es importante notar que el manejo integrado de la pastura y los animales permitió obtener aceptables resultados en los indicadores de preñez de las vacas salvo en la carga objetivo más alta. Aunque los test no indicaron que estas diferencias fueran estadísticamente significativas, esta observación puede tener un significado biológico a considerar. El bajo porcentaje de preñez del rodeo en la carga más alta estuvo asociado a la baja tasa de preñez de las terneras que sería el resultado de su baja ganancia de peso durante la recría lo cual no permitió superar el peso mínimo requerido para que alcancen la pubertad (Sanders, 1974). Probablemente, ante condiciones limitantes de altura de la pastura resultaría conveniente postergar la fecha de entore hacia el próximo año cuando las vaquillonas tengan 27 meses de edad (Carrillo, 1997; Burges, 2003).

5.4. INTEGRANDO EL SISTEMA: PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y RESULTADOS ECONÓMICOS

Desde el punto de vista sistémico, la unidad de producción debe ser estudiada mediante la evaluación del impacto del comportamiento del sistema desde diversos enfoques. En esta tesis se focaliza sólo en el comportamiento físico-económico del sistema pastoril. Según Feldkamp (2004), este comportamiento está determinado por las interacciones entre los componentes del sistema más que de un componente aislado, y puede ser descrito por ciertas propiedades emergentes. Una de las propiedades emergentes es la eficiencia, la cual puede ser medida en términos de productividad física y resultados económicos. La carga animal es el factor de manejo más importante que

afecta la respuesta de los animales en sistemas pastoriles (Riechers *et al.*, 1989; Holechek, 1993). Uno de los objetivos dentro del sistema es determinar el número de cabezas con el cual es posible mejorar la producción física sin afectar el recurso forrajero.

Feldkamp *et al.* (2005 c) indica que la carga animal que mantiene los valores de sustentabilidad en un rango aceptable es la que permite lograr los mejores resultados económicos en el corto y el largo plazo. La carga óptima puede variar entre años debido a que las condiciones climáticas pueden afectar la producción de forraje. En esta tesis, las condiciones climáticas para esta experiencia pueden considerarse normales respecto al promedio histórico, con un leve déficit durante primavera y verano. En estas condiciones fue posible observar que la máxima productividad física (superior a 250 kg/ha/año) se logró con una carga animal objetivo estimada de 1,6 cab/ha. Es importante destacar que esta máxima productividad se mantuvo en un rango de cargas relativamente amplio. Estos resultados son similares a los observados por Carrillo *et al.* (1998), mediante un sistema rotativo con una carga de alrededor de 1,8 cab/ha, lo cual permite corroborar el análisis realizado por Briske *et al.* (2008) quien luego de una revisión de trabajos sobre pastoreo rotativo y continuo no identificó ventajas de uno sobre otro. Briske *et al.* (2008) señalan que la mayor variabilidad asociada a la producción animal estaría dada no por el método de pastoreo sino por la carga animal aplicada y la variación en las condiciones climáticas imperantes.

Acorde a lo observado por otros autores (Jones; Sandland, 1974; Wachenheim *et al.*, 2000; Richardson; Jones *et al.*, 2008), la relación entre carga animal y la producción física expresó un comportamiento curvilíneo (Figura 25). En las cargas más bajas se favorecieron las ganancias por animal pero el menor número de cabezas presente deprimió la producción por hectárea. Mientras que en las más altas, por encima de 1,6 cab/ha, un aumento en la carga objetivo condujo a una caída en la producción de carne, principalmente porque la biomasa aérea de forraje comenzó a ser más limitante dando lugar a que las reglas de decisión operaran aumentando exponencialmente la venta de vientres y disminuyendo el peso de los terneros vendidos al destete. La productividad medida como kilogramos de ternero producidos en cada sistema siguió la misma tendencia (Figura 22). A su vez, el número de terneros vendidos fue mayor a medida que aumentó la carga objetivo pero su peso individual fue menor lo que contribuyó a afectar negativamente la producción de carne del sistema (Figura 25).

En una mirada sistémica de las explotaciones resulta necesario el análisis económico del planteo productivo. Es frecuente que se busque maximizar la producción biológica mediante aumentos de la carga animal; sin embargo, esto no siempre contribuye a mejorar el retorno económico y es con frecuencia acompañado con situaciones de riesgo financiero (Whitson *et al.*, 1982; Romera *et al.*, 2005 c). Acorde a lo observado por Whitson *et al.* (1982) y Hart *et al.* (1988) y, en esta tesis se observó que la carga óptima económica se encontró por debajo de la carga óptima física. Los resultados de esta tesis indican que la carga óptima económica (donde el margen bruto fue máximo) fue estimada en 1,0 cab/ha estando un 37,5 % por debajo de la carga óptima física estimada (1,6 cab/ha). El desplazamiento de la carga óptima económica respecto a la física estuvo asociado con la variación de los costos para cada carga animal objetivo y al ingreso económico resultado de las ventas y la diferencia de inventario de vientres y de heno. Estos resultados concuerdan con McCollum III, (1993) quien sostiene que la carga óptima económica se encuentra afectada por los costos de producción, el valor de los productos en el mercado, y la respuesta del ganado a los cambios en la carga animal.

Es sabido que no existe una recomendación única que se pueda aplicar al planteo productivo de los sistemas ganaderos. Esta experiencia trató de representar estrategias de manejo de los establecimientos, desde conservadoras a más riesgosas. Se vislumbra promisorio el potencial del uso de reglas de decisión ligadas a la altura de la pastura en el manejo de pastoreo continuo. La aplicación coordinada y oportuna de las reglas ha sido de fundamental importancia para la efectividad de los esquemas de manejo planteados. Las reglas permitieron anticipar suficientemente las acciones de manejo de modo de controlar el balance entre la oferta y la demanda forrajera, y así evitar afectar la producción del rodeo, aún cuando se considera que las cargas más altas no sean sostenibles a mediano plazo sin insumos externos. En relación a los indicadores físicos y económicos se desprende claramente que la carga para obtener la respuesta óptima económica es menor que la necesaria para obtener la máxima producción física. Por lo tanto, cuando se realizan recomendaciones técnicas para sistemas pastoriles deberían encuadrarse en el marco de un enfoque sistémico que considere los aspectos de mantenimiento del estado de las pasturas, las reglas para operar el sistema, y los resultados físicos y económicos.

5.5. Implicancias del trabajo

Se destaca la factibilidad de manejar los sistemas pastoriles a lo largo del año con un número reducido de reglas de decisión basadas en la altura de las pasturas. El comportamiento del sistema pastoril en respuesta a la carga objetivo planteada se pone de manifiesto en las siguientes variables: altura de la pastura, magnitud del área clausurada, reservas forrajeras, condición corporal de los animales. Los resultados muestran que la mayor producción física, y también la económica, se obtiene cuando la altura de las pasturas dominadas por *Thinopyrum ponticum* se mantiene la mayor parte del año por encima de los 10 cm y se genera un área de clausura para confección de reservas forrajeras.

Dado que se consideró sólo un año de estudio, no fue posible evaluar la dinámica de estos sistemas en forma interanual y su estabilidad. Debido a la complejidad y costo de la experiencia, se sugiere como alternativa replicar este tipo de ensayos mediante estudios por simulación.

Finalmente, en la introducción de esta tesis se habló de la importancia que posee la tecnología de procesos para mejorar la productividad física de los sistemas. En tal sentido los resultados mostraron el potencial de integrar conocimientos vinculados al manejo de los sistemas pastoriles, y que la utilización de reglas de decisión para ajustar la carga animal tiene un efecto preponderante sobre la productividad física y el resultado económico de estos sistemas.

6. CONCLUSIONES

El análisis de este trabajo consistió en evaluar la productividad física y los resultados económicos de un Sistema Integrado de Manejo Pastoril Ligado al Estado de las pasturas (S.I.M.P.L.E.) aplicado en módulos de cría bajo pastoreo continuo de *Thinopyrum ponticum* y conducidos bajo reglas de decisión con diferentes niveles de carga animal objetivo. Del análisis de los resultados y bajo las condiciones de este ensayo se concluye que:

El número y tipo de reglas requeridas resultó ser diferencial dependiendo de los niveles de carga animal objetivo considerados:

- Bajas cargas objetivo (menor o igual a 1,7 cabezas/ha): las reglas de decisión permitieron mantener la altura de las pasturas dentro de los rangos previstos (10-15 cm) mediante el aumento o reducción del área de pastoreo, y la producción de reservas forrajeras.
- Altas cargas objetivo (mayor a 1,7): se destacaron dos reglas para mantener la funcionalidad del sistema, la reducción de la carga por muy baja altura de las pasturas y el destete anticipado previendo la escasez de reservas forrajeras. En consecuencia la carga objetivo no fue mantenida. El destete precoz e hiperprecoz sobre vacas con baja condición corporal permitió mantener la tasa de preñez en las vacas.
- A alta carga animal objetivo se observó menor altura de las pasturas, menor peso de los terneros y menor peso y condición corporal de las vacas, sumado a una menor confección de reservas forrajeras. A pesar de las grandes diferencias en condición corporal y biomasa aérea forrajera la tasa reproductiva no fue biológicamente diferente por la acción del destete precoz e hiperprecoz de las vacas de baja condición corporal.
- Bajo el esquema de reglas de decisión aplicadas al sistema se estimó la relación funcional entre la carga animal objetivo y los resultados de producción física o económica, no coincidiendo la carga óptima para ambas variables (1,6 cab/ha para la física y 1,0 cab/ha para la económica).

7. BIBLIOGRAFÍA

AACREA, 1988. Análisis de resultados de la empresa, etapa I. Convenio AACREA-Banco Río. 26 p.

AGNUSDEI, M.G.; ASSUERO, S.G.; GRECCO, R.C.F.; CORDERO, J.J.; BURGHI, V.H. 2007. Influence of sward condition on leaf tissue turnover in tall fescue and tall wheatgrass swards under continuous grazing. *Grass and Forage Sci.* 62 (1):55-65.

AGNUSDEI, M.G.; MAZZANTI, A. 2001. Frequency of defoliation of native and naturalized species of the Flooding Pampas (Argentina). *Grass and Forage Sci.* 56 (4):344-351.

ALONSO, S.I; BORRAJO, C.I. 2003. Producción de forraje de agropiro con dos sistemas de defoliación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23 (1): 211-212.

ARTHINGTON, J.D.; KALMBACHER, R.S. 2003. Effect of early weaning on the performance of three-year-old, first-calf beef heifers and calves reared in the subtropics. *J. Anim Sci.* 81 (5):1136-1141.

ATTONATY, J.M.; CHATELIN, M.H.; GARCIA, F. 1999. Interactive simulation modeling in farm decision-making. *Computers and Electronics in Agriculture* 22 (2-3):157-170.

AUBRY, C.; PAPY, F.; CAPILLON, A. 1998. Modelling decision-making processes for annual crop management. *Agric. Systems* 56, 45–65.

BAKER, R.D. 1988. Grazing management and the integration of grazing and conservation. In: Frame, J. eds. *Efficient beef production from grass*. British Grassland Society Scotland, Occasional Symposium N° 22. pp. 65-78.

BALLARD, R.A.; SIMPSON, R.J.; PEARCE, G.R. 1990. Looses of the digestible components of annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) during senescence. *Aust. J. Agric. Res.* 41 (4):719-731.

BARRETT, P. D.; LAIDLAW, A. S.; MAYNE, C. S.; CHRISTIE, H. 2001. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass and Forage Sci.* 56 (4):362-373.

BAWDEN, R. J. 1991. Systems thinking and practice in agriculture. *J. Dairy Sci.* 74 (7):2362-2373.

BEMENT, R.E. 1969. A stocking-rate guide for beef production on blue-grama range. *J. Range Manage.* 22:83-86.

BERGER, H; MACHADO, C.; AUZA, N. 2002 a. Modelo dinámico simple de sistemas de cría (Críasim): 1. Estructura y capacidades. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22 (1): 346-348.

BERGER, H; MACHADO, C.; AUZA, N. 2002 b. Modelo dinámico simple de sistemas de cría (Críasim): 2. Evaluación de fechas de servicio. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22 (1): 348-349.

BIRCHAM, J. S.; HODGSON J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Sci.* 38 (4):323-331.

BIRCHAM, J. S.; HODGSON, J. 1984. The effects of change in herbage mass on rates of herbage growth and senescence in mixed swards. *Grass and Forage Sci.* 39 (2):111-115.

BRANSBY, D.I.; CONRAD, B.E.; DICKS, H.M.; DRANE, J.W. 1988. Justification for grazing intensity experiments: Analysing and interpreting grazing data. *Journal of Range Management* 41(4): 274-279.

BRISKE, D.D.; DERNER, J.D.; BROWN, J.R.; FUHLENDORF, S.D; TEAGUE, W.R.; HAVSTAD, K.M; GILLEN, R.L; ASH, A.J.; WILLMS, W.D. 2008. Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology Management* 61 (1):3-17.

BURGES, J.C. 1994. Productividad de vacas Aberdeen Angus según la edad al primer parto. Tesis Magister Scientiae, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 104 p.

BURGES, J.C. 2003. El primer servicio: diferentes alternativas y posibilidades. CREA, Argentina. Cuaderno de actualización técnica N° 66. pp 68-71.

BURGES, J.C.; ROMERA, A.J. 2003. Condición corporal, nivel nutricional y fertilidad de vacas paridas en otoño. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23 (1): 304-306.

BURGES, J.C.; ROMERA, A.J. 2007. Estimación de la variabilidad del crecimiento de las pasturas para presupuestos forrajeros. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27 (1): 127-128.

BURGHI, V.H. 2006. Influencia del estado de la pastura sobre los flujos de tejido foliar de agropiro alargado bajo pastoreo continuo de vacunos. Tesis Magister Scientiae Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 68 p.

BUXTON, D.R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Sci. and Tech.* 59 (1-3):37-49.

CANOSA, F. 2003. Evolución, potencial y limitantes de la cría en la Argentina. CREA, Argentina. Cuaderno de actualización técnica N° 66. pp. 4-10.

CARRILLO, J. 1998. Reserva 6: Un sistema de producción en cría vacuna sostenible a través de 30 años. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18 (1): 211 - 225.

CARRILLO, J. 1997. Entore de vaquillonas: manejo antes y después del primer parto. En: Centro Regional Buenos Aires Sur eds. Manejo de un rodeo de cría. Capítulo XIII. p. 221-255.

CARVALHO DE FACCIÓ ,P.C.; SILVEIRA E.O.; PONTES L.S.; POLI C.H.E.C.; SOARES A .B.; RIBEIRO FILHO, H.M.M. The effect of sward surface height on sheep grazing

activities.[en línea] <<http://www.internationalgrasslands.org/publications/pdfs/id0712.pdf>> [consulta: Abril 2009].

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE. G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress, pp 95-104.

COLÉNO, F. C.; DURU, M. 1999. A model to find and test decision rules for turnout date and grazing area allocation for a dairy cow system in spring. *Agric. Systems* 61 (3):151-164.

COOK, C. W. 1964. Symposium on nutrition of forages and pastures: collecting forage samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *J. Anim. Sci.* 23 (1):265-270.

CORDERO, J.J. 1996. Dinámica del crecimiento y eficiencia de utilización de una pastura de *Festuca arundinacea* Schreb., bajo pastoreo continuo de ovinos. Tesis Magister Scientiae Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 81p.

CORNNER, J.R., HAMILTON W.T., WHITSON R.E. 1993. Managing stocking rates to achieve financial goals. In: Cox, J.R.; Cadenhead J.F. eds. Managing livestock stocking rates on rangeland. Department of Rangeland Ecology and Management Texas Agric. Extension Service Texas A&M University College Station, Texas. pp. 73-96.

CROS, M.J.; DURU, M.; GARCIA, F.; MARTIN-CLOUAIRE, R. 2004. Simulating management strategies: the rotational grazing example. *Agric. Systems* 80 (1):23-42.

DE ROUEN, S.M.; FRANKE, D.E.; MORRISON, D.G.; WYATT, W.E.; COOMBS, D.F.; WHITE, T.W.; HUMES, P.E.; GREENE, B.B. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Anim Sci.* 72 (5):1119-1125.

DÍAZ-SOLIS, H.; KOTHMANN, M. M.; HAMILTON W. T.; GRANT W. E. 2003. A simple ecological sustainability simulator (SESS) for stocking rate management on semi-arid grazing lands. *Agric. Systems* 76 (2):655-680.

DOMECQ, J.J.; SKIDMORE, A.L.; LLOYD, J.W.; KANEENE, J.B. 1995. Validation of body condition scores with ultrasound measurements of subcutaneous fat of dairy cows, *J. Dairy Sci.* 78: 2308–2313.

DONZELLI, M.V.; BURGESS, J.C.; MACHADO, C.; FAVERIN, C. 2009. Estimación del consumo de forraje de vacas de cría con diferente carga animal objetivo en pastoreo continuo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 29 (1): 323-324.

DRENNAN, M.J.; BERRY, D.P. 2006. Factors affecting body condition score, liveweight and reproductive performance in spring-calving suckler cows, *Ir. J. Agric. Food Res.* 45 pp. 25–38.

- DZIUK, P.J; BELLOWS, R.A. 1983. Management of reproduction of beef, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 57(Suppl. 2):355.
- EDMONSON, A.J; LEAN, I.J.; WEAVER, L.D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A. 1989. Body condition scoring cart for holstein dairy cows, *J. Dairy Sci.* 72: 68–78.
- EVERSOLE, D.E.; DIETZ, R.E.; BROWNE, M. F.; HALL, J.B. Body condition scoring beef cows. [en línea]. <<http://www.thebeefsite.com/articles/674/body-condition-scoring-beef-cows>>. [consulta: mayo 2009].
- FELDKAMP, C.R.; SAMPEDRO, D.H.; SCHWARTZ, H.J.; UDO, H. 2005 b. Influencia del manejo sobre el comportamiento de los sistemas de cría. 2. Modelo reproductivo. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 25 (1): 310-311.
- FELDKAMP, C.R.; SCHWARTZ, H.J.; UDO, H. 2005 c. Influencia del manejo sobre el comportamiento de los sistemas de cría. 3. carga animal. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 25(Supl. 1): 312-313.
- FELDKAMP, C.R.; SCHWARTZ, H.J.; UDO, H. 2005 d. Influencia del manejo sobre el comportamiento de los sistemas de cría. 4. Suplementación de vaquillonas, destete precoz y carga animal. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 25 (1): 313-314.
- FELDKAMP, C.R. 2004. Cow-calf operation systems in Argentina: a systems approach to intervention assessment. Doctoral thesis. Pro-Business Verlag. Berlin, Alemania. 205 p.
- FISHER, D.S. 1999. Defining the experimental unit in grazing trials. *Proceedings of the American Society of Animal Science.* pp 1-14.
- GAL, P. Y.; MEROT A.; MOULIN C.H.; NAVARRETE M.; WERY J. 2009. A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems. *Environmental Modelling & Software.* [in press].
- GALLI, I.; HOFER, C.; MONJE, A. 1996. Manejo de terneros al destete. Recomendaciones prácticas. INTA, EEA C. del Uruguay, Argentina. 22 p.
- GALLI, I.; MONJE, A.; VITTONI, S.; SAMPEDRO, D.; BUSTO, C. 2005. Destete precoz en cría vacuna. Manual para La toma de decisiones y ejecución de la técnica. Serie manual de cría vacuna-volumen 2. INTA, EEA C. del Uruguay, Argentina. 94 p.
- GÁNDARA, F. R.; GÓMEZ, P. O. 1987. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. V. Valor alimenticio invernal de dos pasturas de agropiro diferidas de otoño. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 7: 147-161.
- GEKARA, J.; PRIGGE, E.; BRYAN, C.W.; SCHETTINI, M.; NESTOR, E.L.; TOWNSEND, E. C. 2001. Influence of pasture sward height and concentrate supplementation on intake, digestibility, and grazing time of lactating beef cows. *J. Anim Sci.* 79 (3):745-752.
- GUTHEIM, C. 2002. Productividad animal de agropiro alargado bajo condiciones de pastoreo continuo de vacunos, durante el período primavera-estival. Tesis de grado.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 47 p.

HÉLIAS, A.; GUERRIN, F.; STEYER, J.P. 2008. Using timed automata and model-checking to simulate material flow in Agric. production systems—application to animal waste management. *Computers and electronics in agriculture*. In Press.

HARLAN, J. R. 1958. Generalized curves for gain per head and gain per acre in rates of grazing studies. *J. Range Manage.* 11:140–147.

HARMONEY, K. R.; MOORE, K. J.; GEORGE, J. R.; BRUMMER, E. C.; RUSSELL, J. R.. 1997. Determination of pasture biomass using four indirect methods. *Agron. J.* 89 (4):665-672.

HART, R. H.; SAMUEL, M.J.; TEST, P.S.; SMITH, M.A. 1988. Cattle, vegetation, and economic responses to grazing systems and grazing pressure. *Journal of Range Management* 41:282-286.

HESS, B.W.; LAKE, S.L.; SCHOLLJEGERDES E.J.; WESTON T.R; NAYIGIHUGU V.; MOLLE, J.D.C.; MOSS, G.E. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Anim Sci.* 83 (13_suppl):E90-106.

HODGSON, J. 1976. The influence of grazing pressure and stocking rate on herbage intake and animal performance. In: Hodgson J. eds. *Pasture utilization by the grazing animal*. The British Grassland Society University College of Wales, Aberystwyth pp. 93-103.

HODGSON, J.; MACKIE, C.K.; PARKER, J.W.G. 1986. Sward surface heights for efficient grazing. *Grass Farmer*, 24: 5-10.

HODGSON, J. 1990. *Grazing management. Sci. into practice*. Longman Scientific and Technical. Essex, England. 203 p.

HODGSON, J.; MATTHEW, C.; LUCAS, R.J. 1999. Pasture measurement. In: White, J.; Hodgson, J. eds. *New Zealand pasture and crop Sci.*. Oxford University Press. pp. 59-65.

HOLECHEK, J.L. 1993. Managing stocking rates to achieve range resource goals. In: Cox, J.R.; Cadenhead J.F. eds. *Managing livestock stocking rates on rangeland*. Department of Rangeland Ecology and Management Texas Agric. Extension Service Texas A&M University College Station, Texas. pp. 10-28.

HUTCHINGS, N.J.; BOLTON, G.R.; BARTHAM, G.T. 1992. Decision rules for controlling the sward height of continuously grazed experimental pasture. *Grass and Forage Sci.* 47:41-49.

ILLIUS, A. W.; DERRY, J. F; GORDON, I. J. 1998. Evaluation of Strategies for Tracking Climatic Variation in Semi-arid Grazing Systems. *Agricultural Systems* 57 (3): 381-398.

ILLIUS, A.W.; LOWMAN, B.G.; HUNTER, E.A. 1987. Control of sward conditions and apparent utilization of energy in the buffer grazing system. *Grass and Forage Sci.* 42 (3):283-295.

INDEC 2008. Índices de Precios. [en línea]. <<http://www.indec.mecon.ar/>>. [consulta: enero 2008].

JOHNSONS, I.R; PARSONS, A. J. 1985. Use of model to analyse the effects of continuous grazing management on seasonal patterns of grass production. *Grass and Forage Sci.* 40:449-458.

JONES, R; KEMP, D; MICHALK, D.; TAKAHASHI, T. 2008. The on-farm impact of alternative grazing management options to improve sustainability in western Chinese grasslands. Contributed paper presented to the 52nd Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, Canberra, 5-8 February. [en línea]. <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/6019/2/cp08jo01.pdf>>. [Consulta: enero 2009].

JONES, R.J.; SANDLAND, R.L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate: derivation of the relation from the results of grazing trials. *Journal of Agric. Sci.*, 83(2), 335-342.

KOTHMANN, M.M.; MATHIS, G.W.; WALDRIP, W.J. 1971. Cow-calf response to stocking rates and grazing systems on native range. *Journal of Range Management* 24:100–105.

LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N.; DEMMENT, M.W. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Sci.*, 47: 91-102.

LAPLACE, S. A. 1995. Fenología y rendimiento de materia seca digestible de agropiro alargado bajo diferentes frecuencias de defoliación. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 43 p.

LARREGAIN, M.J. 2002. Flujos de tejido foliar en pasturas de agropiro alargado bajo pastoreo continuo de vacunos. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 25 p.

LE GAL, P.Y.; MEROT A.; MOULIN, C.H.; NAVARRETE, M.; WERY, J. 2009. A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems. *Environmental Modelling & Software* 25: 258–268.

LOUAULT, F.; CARRÈRE, P.; SOUSSANA, J.F. 1997. Efficiencies of ryegrass and white clover herbage utilization in mixtures continuously grazed by sheep. *Grass and Forage Sci.* 52 (4):388-400.

LOWMAN, B. G.; HINKS, C.E.; SWIFT, G.; PEEBLES, K.; HUNTER, E.A. 1988. Grass height for finishing cattle. In: Frame, J. eds. Efficient beef production from grass. British Grassland Society Scotland, Occasional Symposium N° 22. pp. 232-234.

MACHADO, C.; BERGER, H.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J.; COPES, M.; DUHALDE, J. 2003. Calibración estacional de mediciones de altura del canopeo con plato y con bastón de altura para estimar la biomasa forrajera de una pastura base alfalfa. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23 (1): 214-215.

MARES, V.; VERA, R.R.; LI PUN, H.H. La evaluación de pasturas mediante experimentos de pastoreo y su relación con los sistemas de producción. [en línea]. < http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/evaluacion_pasturas_contenido.pdf>. [Consulta: Agosto 2009].

MARESCA, S.; QUIROZ GARCÍA, J.; PLORUTTI, F.; BRUSCA, G.; FOURQUET, G. 2007. Monitoreo de eficiencia reproductiva en rodeos de cría de la Cuenca del Salado. Metodología e indicadores principales. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27 (1): 297-298.

MÁRGENES AGROPECUARIOS. 2.007. Buenos Aires, Argentina. Precios (261): 14-49.

MÁRGENES AGROPECUARIOS. 2.007. Buenos Aires, Argentina. Precios (269): 14-49.

MÁRGENES AGROPECUARIOS. 2.008. Buenos Aires, Argentina. Precios (271): 14-49.

MÁRGENES AGROPECUARIOS. 2.008. Buenos Aires, Argentina. Precios (273): 14-49.

MARTIN, R.C.; ASTATKIE, T.; COOPER, J.M.; FREDEEN, A.H. 2005. A comparison of methods used to determine biomass on naturalized swards. *Journal of Agronomy and Crop Sci.* 191 (2):152-160.

MARTINEZ SIFUENTES, J.A; ALEMÁN MARTÍNEZ, V. 2004. Cap. 1. El enfoque de sistemas en la actividad agropecuaria. En: Martínez Sifuentes, J. A. eds. *Sistemas de producción*. Departamento de Ciencias Biológicas Centro Universitario de los Altos Universidad de Guadalajara, México. pp. 2 -16.

MAXWELL, T.J.; SIBBALD A.R.; DALZIEL, A.J.I.; AGNEW, R.D. M; ELSTON, D.A. 1994. The implications of controlling grazed sward height for the operation and productivity of upland sheep systems in the UK. 1. Effects of two annual stocking rates in combination with two sward height profiles. *Grass and Forage Sci.* 49 (1):73-88.

MCCALL, D.G.; BISHOP -HURLEY, G.J. 2003. A pasture growth model for use in a whole-farm dairy production model *Agric. Systems* 76:1183–1205.

MCCOLLUM, F.T.; GILLEN, R.L.; KARGES, B.R.; HODGES, M.E. 1999. Stocker cattle response to grazing management in tall grass prairie. *Journal of Range Management* 52:120–126.

MC COLLUM III, T. Managing stocking rate to achieve livestock production goals in north Texas and Oklahoma. In: Cox, J.R.; Cadenhead J.F. eds. *Managing livestock stocking rates on rangeland*. Department of Rangeland Ecology and Management Texas Agric. Extension Service Texas A&M University College Station, Texas. pp. 29-41.

MCCOWN, R.L.; HAMMER, G.L.; HARGREAVES, J.N.G.; HOLZWORTH, D.P.; FREEBAIRN, D.M. 1994. APSIM: a novel software system for model. development, model testing and simulation in agricultural systems research. *Agric. Systems* 50 255-271.

MERCADO DE LINIERS. Mercado de invernada [en línea]. <<http://www.mercadodeliniers.com.ar/>>. [Consulta: diciembre 2008].

MONTIEL, F.; AHUJA, C., 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Sci.* 85 (1-2):1-26.

MORALES, H. 2007. L'évaluation des conséquences de décisions stratégiques en élevage extensif en Uruguay. Une approche par les systèmes multi-agents. Thèse doctorale. Ecole Doctorale Agriculture, Alimentation, Biologique, Environnement et Sociétés A B I E S. Département des Sci.s Animales. Développement des Filières Animales, France. pp. 254.

MORRIS, S.T.; KENYON, P.R.; BURNHAM, D.L. 2002. Body condition score and beef cow productivity. [en línea]. <<http://www.beef.org.nz/research/nutrition/condscore.pdf>> [consulta: agosto 2009].

MORRISON, D.G.; SPITZER, J.C.; PERKINS, J.L. 1999. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition *J. Anim. Sci.* 77:1048-1054.

MOTT, G.O. 1960. Grazing pressure and measurement of pasture production. *Proc. 8th Int. Grassland Congress.* pp 601-611.

MURPHY, W.M.; SILMAN, J.P.; BARRETO, A.D.M. 1995. A comparison of quadrat, capacitance meter, HFRO sward stick, and rising plate for estimating herbage mass in a smooth-stalked, meadowgrass-dominant white clover sward. *Grass and Forage Sci.* 50 (4):452-455.

OHLENBUSCH, P.D.; WATSON, S.L. 1994. Stocking rate and grazing management. Kansas State University. Technical Bulletin. 5 p.

OPERATING THE BUFFER GRAZING SYSTEMS. 1984. The Scottish Agricultural Colleges. Publication N° 128. sp.

OWEN, J.B., RIDGMAN, W.J. 1968. The design and interpretation of experiments to study animal production from grazed pastures. *J. Agric. Sci. Camb.* 71: 327–335.

OWENSBY, C.E.; SMITH E.F.; ANDERSON, K.L. 1973. Deferred-rotation grazing with steers in the Kansas Flint Hills. *Journal of Range Management* 26:393–395.

PASCUET, M.L. 2003. Dinámica del pastoreo de bovinos sobre pasturas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) mantenidas a diferentes alturas en primavera y otoño. Tesis Magister Scientiae Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 83 p.

PAVLU, V.; HEJCMAN, M.; PAVLU, L.; GAISLER, J.; NEZERKOVA, P. 2005. Effect of continuous grazing on forage quality, quantity and animal performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113, 349–355.

PEARSON, C.J.; ISON, R.L. 1997. Grassland systems design. In: *Agronomy of Grassland Systems*. 2nd ed. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K. pp. 161–187.

PENNING, P.D.; PARSONS, A.J.; ORR, R.J.; HOOPER, G.E. 1994. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Sci.* 49:476-486.

PETERSEN, R.G.; LUCAS, H.L.; MOTT, G.O. 1965. Relationship between rate of stocking and per animal and per acre performance on pasture. *Agron. J.* 57:27–30.

PETERSON, G.A.; TURNER, T.B.; IRVIN, K.M.; DAVIS, M.E.; NEWLAND, H.W.; HARVEY, W. R. 1987. Cow and calf performance and economic considerations of early weaning of fall-born beef calves. *J. Anim Sci.* 64 (1):15-22.

PHILLIPS, C.J.C.; LEAVER J.D. 1985 a. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. *Grass and Forage Sci.* 40 (2):193-199.

PHILLIPS, C.J.C.; LEAVER J.D. 1985 b. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. *Grass and Forage Sci.* 40 (2):183-192.

PONSSA, E.; MACHADO, C.; BERGER, H.; COPES, M.; AUZA, N. 2003. Evaluación de los efectos productivos y económicos de algunas variables reproductivas mediante un modelo de simulación determinístico. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23, (1): 302-303.

PONSSA, E.; SÁNCHEZ, A.D.; RODRÍGUEZ, A.G. 2007. Relaciones entre la tasa de preñez y la dinámica del rodeo en un sistema de cría bovina. Evaluación física y económica. *Anales de la 38° Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*. 17 p.

POOLE, D. A. 1985. A buffer grazing system. *Grass and Forage Sci.* 40 (2):231-232.

PRYCE, J.E.; COFFEY, M.P.; SIMM, G. 2001. The relationship between body condition score and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 84 (6):1508-1515.

PUEYO, D.J. 1996. Dinámica del crecimiento y la utilización en un pastizal natural de la Pampa Deprimida. Tesis Magister Scientiae Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 100 p.

REALINI, C.E.; HODGSON, J.; MORRIS, S.T.; PURCHAS, R.W. 1999. Effect of sward surface height on herbage intake and performance of finishing beef cattle. *New Zealand Journal of Agric. Research* 42: 155-164.

REARTE, D. 2007. La producción de carne en argentina. [en línea]. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/Carnes/ProdCarneArg_esp.pdf>. [Consulta: abril 2009].

RECAVARREN, P; MARTINESKY, M.J. 2009. Alerta amarillo: la degradación de los recursos forrajeros de la depresión de Laprida. [en línea]. <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/PRGanadero/articulos/DegradacionPastizales2009.pdf>>. [Consulta: octubre 2009].

REISENAUER LEESBURG, V.L.; TESS, M. W.; GRIFFITH, D. 2007. Evaluation of calving seasons and marketing strategies in Northern Great Plains beef enterprises: I. Cow-calf systems. *J. Anim Sci.* 85 (9):2314-2321.

RENQUIST, B.J.; OLTJEN J.W.; SAINZ R.D.; CALVERT, C.C. 2006. Relationship between body condition score and production of multiparous beef cows. *Livestock Sci.* 104 (1-2):147-155.

RICCI, P. 2007. Consumo y digestibilidad in vivo de bovinos alimentados con heno y henolaje de agropiro. Tesis Magister Scientiae Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 82 p.

RICHARDS, M.W.; SPITZER, J.C.; WARNER, M.B. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62 (2): 300-306.

RICHARDSON, F.D.; HAHN, B.D. 2007. A short-term mechanistic model of forage and livestock in the semi-arid Succulent Karoo: 2. Evaluation and application *Agricultural Systems* 95: 62-75.

RIECHERS, R.K.; CONNER, J.R.; HEITSCHMIDT, R.K. 1989. Economic consequences of alternative stocking rate adjustment tactics: a simulation approach. *Journal of Range Management* 42:165-171.

RIEWE, M.E. 1961. Use of the relationship of stocking rate to gain of cattle in an experimental design for grazing trials. *Agron. J.* 53:309-313.

ROBERTS, D.J. 1989. A comparison of buffer and partial storage feeding of a straw/concentrate mixture to grazing dairy cows. *Grass and Forage Sci.* 44 (4):399-404.

ROGLER, G.A. 1951. A twenty-five year comparison of continuous and rotation grazing in the northern plains. *Journal of Range Management* 4:35-41.

ROMERA, A.J.; BURGESS, J.C.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J.; WOODWARDS, S.J.R. 2008. Modelling spring and autumn calving systems in beef herds of the Salado region of Argentina. *Livestock Sci.* 115: 62-72.

ROMERA, A.J.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J.; STIRLING, W.D.; WOODWARD, S.J.R. 2005 a. Comparison of haymaking strategies for cow-calf systems in the Salado Region of Argentina using a simulation model. 1. Effect of herbage mass at cutting and cow stocking rate under a rigid system of management. *Grass and Forage Sci.* 60 (4):399-408.

ROMERA, A.J.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J.; STIRLING, W.D.; WOODWARD, S.J.R. 2005 b. Comparison of haymaking strategies for cow-calf systems in the Salado Region of

Argentina using a simulation model. 2. Incorporation of flexibility into the decision rules. *Grass and Forage Sci.* 60 (4):409-416.

ROMERA, A.J.; MORRIS, S.T.; HODGSON, J.; STIRLING, W.D.; WOODWARD, S.J.R. 2005 c. Comparison of haymaking strategies for cow-calf systems in the Salado Region of Argentina using a simulation model. 3. Exploratory risk assessment. *Grass and Forage Sci.* 60 (4):417-422.

ROMERA, A.J.; MORRIS, S.T.; HODGSON J.; STIRLING, W.D.; WOODWARD, S.J.R. 2004. A model for simulating rulebased management of cow-calf systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 42, 67–86.

RUIZ, R; OREGUI, L.M. 2001. El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal: revisión bibliográfica. *Investigación Agraria, Serie ganadera*, 16 (1): 26-61. [en línea].<http://www.inia.es/gcontrec/pub/ruiz_1161096418109.pdf> [consulta: agosto 2009].

RUSSEL, A.J.F.; PEART, J.N.; EADIE, J.; MACDONALD, A.J.; WHITE, I.R. 1979. The effect of energy intake during late pregnancy on the production from two genotypes of suckler cow. *Anim. Prod.* 28:309.

RUTLEDGE, J.J.; ROBISON, O.W. ; AHLSCHEWEDE W.T.; LEGATES J.E. 1971. Milk yield and its influence on 205-day weight of beef calves. *J. Anim. Sci.* 33:563.

RUTTER, L.M.; RANDEL, R.D.1984. Postpartum nutrient intake and body condition: Effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 58:265.

SANDERS, J.O. 1974. A model of reproductive performance in the bovine female. M.Sc. Thesis, Texas a&m University. 89 p.

SANTUCHO, G. 1993. Parámetros de una pastura de agropiro que influyen en el consumo, dieta y comportamiento ingestivo de novillos en pastoreo. Tesis Magister Scientiae Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 88 pp.

SAS, 2002. *Procedures Guide, Version 9.1.* SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SELK, G.E.; WETTEMANN, R.P; LUSBY, K.S.; OLTJEN, J.W.; MOBLEY, S.L.; RASBY, R. J.; GARMENDIA J.C.. 1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66:3153.

SENGE, P.M. 1990. Un cambio de enfoque. En: Granica eds. *La quinta disciplina.* Capítulo 5. pp. 91-121.

SHAFFER, M. J.; BRODAHL, M.R. 1998. Rule-based management for simulation in Agric. decision support system. *Computers and Electronics in Agriculture* 21: 135–152.

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799–816.

SIBBALD, A.R.; MAXWELL, T.J.; MORGAN, T.E.H.; JONES, J.R.; REES, M.E. 1994. The implications of controlling grazed sward height for the operation and productivity of upland sheep systems in the UK. 2. Effects of two annual stocking rates in combination with two levels of fertilizer nitrogen. *Grass and Forage Sci.* 49 (1):89-95.

SIKHALAZO, D. 2005. A model for adaptive livestock management on semi-arid rangelands in Texas. Doctoral thesis. Texas A&M University, Texas. 125 p.

SMOLIAK, S. 1960. Effects of deferred-rotation and continuous grazing on yearling steer gains and shortgrass prairie vegetation of southeastern Alberta. *Journal of Range Management* 3:239–243.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F.J. 1981. Analysis of frequencies. In: Freeman, W.H. and company eds. *Biometry*. Copyright. pp. 738- 747.

SPEDDING, C.R.W. 1988. An introduction to agriculture systems. 2nd Ed. Elsevier Applied Sci.. London 189 p.

TAIT, R.M.; HUNT, D.E.; FISHER, L.J. 1988. The development of buffer grazing systems for cattle under the climatic conditions of the south coastal region of British Columbia. In: Frame, J. eds. *Efficient beef production from grass*. British Grassland Society Scotland, Occasional Symposium N° 22. pp 239-241.

TEAGUE, W.R.; FOY, J.K. 2002. Validation of SPUR2.4 rangeland simulation model using a cow-calf field experiment. *Agric. Systems* 74: 287-302.

TEAGUE, W.R.; KREUTER, U.P.; GRANT, W.E.; DIAZ-SOLIS, H.; KOTHMANN, M.M. 2009. Economic implications of maintaining rangeland ecosystem health in a semi-arid savanna. *Ecological Economics* 68 (5): 1417-1429.

TESS, M.W.; KOLSTAD, B.W. 2000. Simulation of cow-calf production systems in a range environment: I. Model development. *J. Anim Sci.* 78: 1159-1169.

THORNE, M.S., STEVENSON, M.H.. 2007. Stocking rate: the most important tool in the toolbox. University of Hawaii at Manoa. CTAHR – PRM-4, 9 p.

TOTUSEK, R.; ARNETT, D.W.; HOLLAND, G.L.; WHITEMAN, J.V. 1973. Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gain. *J. Anim Sci.* 37 (1):153-158.

VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. New York: Cornell University. 476p.

WACHENHEIM, C.J.; BLACK, J.R.; SCHLEGEL, M.L.; RUST, S.R. 2000. Grazing methods and stocking rates for direct-seeded alfalfa pastures: III. Economics of alternative stocking rates for alfalfa pastures. *J. Anim Sci.* 78, 2209-2214.

WADSWORTH, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal: las herramientas básicas. Estudio FAO Producción y sanidad animal 140/2. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/w7452s/w7452s00.HTM>>. [Consulta: octubre 2009].

WALKER, J.W.; HEITSCHMIDT, R.K.; DE MORAES, E.A.; KOTHMANN, M.W.; DOWHOWER, S.L. 1989. Quality and botanical composition of cattle diets under rotational and continuous grazing treatments. *Journal of Range Management* 42: 239–242.

WHITE, L.D.; MCGINTY, A. 1992. Stocking rate decisions. Texas Agric. Extension Service. Texas A&M University. College Station, Texas B-5036. [consulta: abril 2009] pagina internet

WHITSON, R.E.; HEITSCHMIDT, R.K.; KOTHMAN, M.M.; LUNDGREN, G.K. 1982. The impact of grazing systems on the magnitude and stability of ranch income in the Rolling Plains of Texas. *Journal of Range Management* 35:526–533.

WOODWARD, S.J.R.; ROMERA, A.J.; BESKOW, W.B.; LOVATT, S. J. 2008. Better simulation modelling to support farming systems innovation: Review and synthesis. *New Zealand Journal of Agric. Research*. 51 (3): 235-252.

WRIGHT, I.A.; RUSSEL, A.J.F. 1984. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. *Anim Prod.*, 38 (1): 23-32.

WRIGHT, I.A. 1988. Suckler beef production. In: Frame, J. eds. Efficient beef production from grass. British Grassland Society, Occasional Symposium N° 22. Scotland. pp.51-64.

WRIGHT, T.J.; MAXWELL, A.J.F.; RUSSEL, E.A.; HUNTER, R.A; HETHERINGTON, R.A; WHYTE, T.K. 1996. The effect of grazed sward height and stocking rate on animal performance and output from beef cow systems, *Grass and Forage Sci.*. 51. pp. 199–208.

XIA, J.X.; HODGSON, J.; CHU, A.C.P. 1994. Effects of severity of grazing on tissue turnover in Matua prairie grass dairy pasture. *New Zealand J. Agric. Res.*, 37: 41–50.

8. APÉNDICE

APÉNDICE 8.1.

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva 6 cuenta con 300 ha. El suelo corresponde a *Natracuol típico*.

A partir de la digitalización del mapa de suelos de la Reserva 6 (Figura 27) y realizando la superposición de los potreros involucrados en el ensayo se deducen las siguientes series y fases (Berardo, 1966):

- **31 n-a** (bajos alcalinos y alcalinos- salinos). Esta serie abarca la mayor parte de los suelos ubicados en las partes bajas del relieve con A₁ gris y con B₂ arcilloso y gleisado. El pH es elevado en todo el perfil (9-10) y la conductividad del estrato de saturación no alcanza valores mayores a 4 mmhos/cm. El sodio (Na) intercambiable es siempre elevado.

Las raíces suelen llegar hasta más de 1 m de profundidad. El carbonato de calcio (CaCO₃) se encuentra en cantidad y a profundidad muy variables.

En esta serie se pueden distinguir tres fases:

- a) Serie y fase 31-n-a/A: fase profunda, con horizonte A de espesor mayor de 10 cm. Los suelos comprendidos en la misma son susceptibles de inundarse dado que, por falta de pendiente el agua no tiende a escurrirse.
- b) Serie y fase 31-n-a/B: ídem a) pero con horizonte A de espesor reducido (fase superficial).
- c) Serie y fase 31-n-a/D: fase profunda, pero con un cierto escurrimiento lateral de las aguas. Esto da lugar a que los suelos se encuentren siempre más secos.

- **32 n-fa** (bajos inundables alcalinos). Los suelos clasificados en esta serie están ubicados en los alrededores de lagunas temporarias o permanentes y en las depresiones de extensión variable, las cuales se caracterizan por estar bajo agua en las épocas lluviosas y, por conservar el perfil en estado húmedo durante casi todo el año. Con A₁ negro y con B₂ franco a franco-arcilloso.

El CaCO₃ suele encontrarse distribuido en todo el perfil, precipitado en pequeños gránulos en la parte superior.

La alcalinidad dentro de esta serie tiene grandes variaciones pero, en general, sus valores son inferiores a los de la serie 31 n-a.

Apéndice

Reserva N° 6 INTA Balcarce
 Superposición de lotes con series y fases de suelo.
 Estos lotes corresponden al proyecto SIMPLE.
 Superficie de cada lote (10 ha)

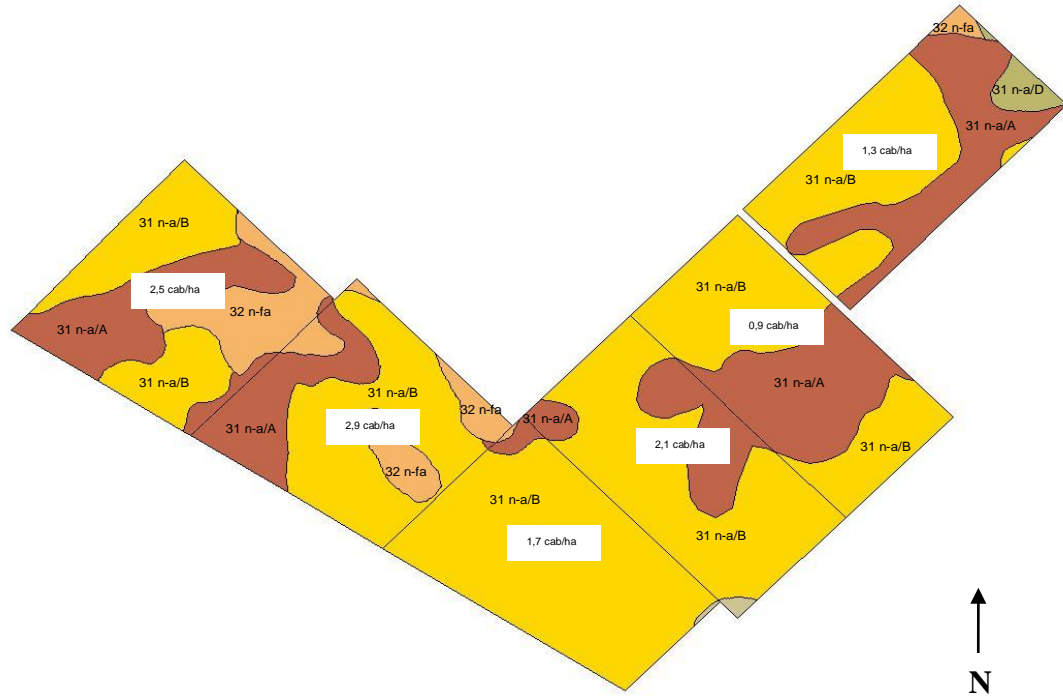


Figura 26. Superposición de series y fases con los potreros diseñados para el ensayo en Reserva 6 INTA Balcarce bajo diferentes niveles de carga animal objetivo (cab/ha).

APÉNDICE 8.2.**CALENDARIO SANITARIO DE RESERVA 6 DE INTA BALCARCE**

| | OBSERVACIONES |
|------------------------------------|--|
| AFTOSA | Se vacuna dos veces por año todo el stock. 1º desde mediados de octubre/diciembre (vacas, vaquillonas, reposición, terneros, toros). 2º vacunación marzo-mayo (idem todo stock existente). El ingreso de animales debe venir vacunado. |
| MANCHA Y GANGRENA | 1º dosis en primer semana de octubre, 2º dosis noviembre (hacer coincidir con vacunación antiaftosa), 3º dosis un mes antes de destete (hacer coincidir con vacunación antibrucélica en terneras). La categoría que se vacuna: ternero/a (se puede vacunar en cualquier edad, pero lo ideal es luego de los 3 meses de vida por interferir los anticuerpos calostrales). |
| CARBUNCLO | Vacunar antes del servicio (durante mes de octubre). Puede administrarse junto a la vacunación antiaftosa. Nunca vacunar vacas gestantes con más de 5-6 meses de gestación (peligro de provocar abortos). Vacunar vacas, vaquillonas, toros y reposición de más de 12 meses de edad. |
| BRUCELOSIS (prevención) | Vacunar 1 mes antes del destete. Única dosis en la vida de la ternera (entre 4 y 7 meses de edad). Puede usarse el momento para dar la tercera dosis de mancha en simultáneo. |

| | OBSERVACIONES |
|--|--|
| Control BRUCELOSIS Y TUBERCULOSIS | En marzo, al realizar el diagnóstico de preñez (tacto) sangrar a todo lo entorado y los toros que no se descarten por edad o defectos clínicos. Toros de reposición o venta: sangrar entre agosto/septiembre. Cualquier animal positivo, aislar y destinarlo a venta a frigorífico. |
| DIARREA NEONATAL | Neonatos: si se ven signos de diarrea, identificar, hidratar con sales, medicar, repetir tratamiento a las 24 hs Vacunación materna: vaquillona de 1° servicio (dos dosis, junio y 2° en julio, la última dosis 20 días antes de la fecha de inicio de parto estimada). Vaca adulta: una dosis en julio (un mes antes del parto). |
| Control PARÁSITOS INTERNOS | Al momento de destetar todos los terneros/a (ivermectina). En Junio repetir en las terneras y toritos que se dejen de reposición (Levamisoles), repetir en septiembre. Evaluar con muestreo si fuere necesario. Vaquillonas de entore precoz: Ivermectina con la última dosis de vacuna contra diarrea neonatal. |
| Control Clínico y Diagnóstico TOROS | En marzo revisar clínicamente los toros que puedan dejarse, sangrarlos, tuberculinizar. Entre julio y septiembre hacer 2 controles de enfermedades de transmisión sexual (trichomoniasis y campylobacteriosis). Los toros destinados a venta deberán sangrarse en este momento. |
| SALES MINERALES | Utilizar sales minerales desde marzo hasta diciembre en vacas y vaquillonas, reposición, toros. |

| | OBSERVACIONES |
|--------------|--|
| COBRE | En febrero, un mes antes del destete (junto con vacunación de mancha), categoría ternero/a. Repetir dosis en junio a la reposición (vaquillonas y toritos). Vaquillonas con servicio de 15 meses: dar una dosis en julio coincidiendo con la 2 ^o dosis de diarrea neonatal. |

APÉNDICE 8.3.**PRECIOS DE INSUMOS AJUSTADOS A MONEDA CONSTANTE UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE MB**

| Observación | precio ajustado a marzo del 2008 |
|-----------------------------------|---|
| Fosfato diamónico (\$/kg) | 1,5 |
| vacuna para diarrea (\$/dosis) | 0,9 |
| antiparasitario (\$/500 cc) | 26,7 y 28,0 |
| revisación de toros (\$/toro) | 48,9 |
| aftosa (\$/dosis) | 1,2 |
| mancha y gangrena (\$/dosis) | 0,2 |
| carbunco (\$/dosis) | 0,2 |
| brucelosis (\$/dosis) | 0,5 |
| sangrado brucelosis (\$/cab) | 2,0 |
| tacto (\$/cab) | 3,2 |
| Peón (\$/mes) | 940 |
| Contratista rollo (\$/rollo) | 45,4 |
| Contratista fertilización (\$/ha) | 18,2 |

| Observación | precio ajustado a marzo del 2008 |
|------------------------------|---|
| Implantación pastura (\$/ha) | 634,4 |
| Vida útil pastura (años) | 12,0 |
| Amortización (\$/ha) | 6,0 |
| Heno (\$/rollo) | 94,6 |

APÉNDICE 8.4.

PRECIOS DE VENTA PARA LAS DISTINTAS CATEGORÍAS DESTINADAS A FAENA, EN CADA PERÍODO. FUENTE: MERCADO DE LINIERS (2008)

| Categoría Liniers | fecha venta | precio ajustado a marzo del 2008 (\$/kg) |
|--------------------------|--------------------|---|
| Vaca buena | 30/08/2007 | 1,91 |
| | 11/03/2008 | 2,12 |
| Vaca conserva buena | 30/08/2007 | 1,27 |
| | 11/03/2008 | 1,51 |
| Vaca conserva inferior | 30/08/2007 | 1,30 |
| | 31/10/2007 | 1,56 |
| Vaca regular | 11/03/2008 | 1,49 |

APÉNDICE 8.5.

PRECIOS DE VENTA PARA LAS DISTINTAS CATEGORÍAS DESTINADAS AL MERCADO DE INVERNADA Y CRÍA (MIC), EN CADA PERÍODO. FUENTE: MÁRGENES AGROPECUARIOS (2007-2008).

| Categoría MIC | fecha venta | precio ajustado a marzo del 2008 |
|-------------------------------|--------------------|---|
| Terneritas 150 kg (\$/kg) | 25/01/2008 | 3,09 |
| Terneritas 150/170 kg (\$/kg) | 31/10/2007 | 2,98 |
| | 02/01/2008 | 2,92 |
| Terneritas 160/180 kg (\$/kg) | 09/04/2007 | 2,90 |
| Terneritas 180/200 kg (\$/kg) | 09/04/2007 | 2,79 |
| Terneritas 180/200 (\$/kg) | 11/03/2008 | 3,65 |
| Terneritos 160 kg (\$/kg) | 25/01/2008 | 3,12 |
| | 31/10/2007 | 3,29 |
| | 02/01/2008 | 3,12 |
| | 11/03/2008 | 3,85 |
| Terneritos 180/200 (\$/kg) | 11/03/2008 | 3,75 |
| Vaquillona preñada (\$/kg) | 09/04/2007 | 3,00 |
| | 11/03/2008 | 3,20 |
| Vaca medio uso preñadas | 09/04/2007 | 2,00 |
| | 11/03/2008 | 2,40 |
| Vaca usada c/cría (\$/cab) | 30/08/2007 | 428,00 |
| | 20/10/2007 | 444,52 |
| | 31/10/2007 | 444,52 |
| vacas usadas preñadas (\$/kg) | 30/08/2007 | 374,50 |

APÉNDICE 8.6.**RELACIÓN ENTRE ALTURA Y BIOMASA AÉREA DE FORRAJE (KG MS/HA), PARA LAS DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO Y BAJO DIFERENTES NIVELES DE CARGA ANIMAL OBJETIVO**

| Valor | CO (cab/ha) | | | | | |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,5 | 2,9 |
| Otoño | | | | | | |
| Ecuación | $y = 135,2 * x$ | $y = 195,4 * x$ | $y = 128,6 * x$ | $y = 86,2 * x$ | $y = 131,8 * x$ | $y = 110,5 * x$ |
| ee | 18,3 | 19,6 | 12,1 | 7,7 | 9,3 | 10,6 |
| R² | 0,9317 | 0,9521 | 0,9575 | 0,9692 | 0,9755 | 0,9559 |
| P valor | 0,0018 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0004 | 0,0001 | 0,0001 |
| Invierno | | | | | | |
| Ecuación | $y = 205,1 * x$ | $y = 330,9 * x$ | $y = 149,2 * x$ | $y = 134,3 * x$ | $y = 126,5 * x$ | $y = 133,9 * x$ |
| ee | 22,9 | 24,6 | 12,8 | 8,6 | 15,5 | 12,9 |
| R² | 0,9411 | 0,9731 | 0,9646 | 0,9839 | 0,9568 | 0,9462 |
| P valor | 0,0003 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0039 | 0,0001 |
| Primavera | | | | | | |
| Ecuación | $y = 116,2 * x$ | $y = 172,8 * x$ | $y = 195,9 * x$ | $y = 138,3 * x$ | $y = 101,4 * x$ | $y = 37,69 * x$ |
| ee | 21,5 | 17,2 | 34,6 | 15,7 | 23,6 | 4,3 |
| R² | 0,8542 | 0,9530 | 0,8649 | 0,9508 | 0,8224 | 0,9384 |
| P valor | 0,0029 | 0,0002 | 0,0024 | 0,0009 | 0,0126 | 0,0003 |
| Verano | | | | | | |
| Ecuación | $y = 156,3 * x$ | $y = 108,9 * x$ | $y = 104,1 * x$ | $y = 57,8 * x$ | $y = 110,3 * x$ | $y = 80,3 * x$ |
| ee | 28,6 | 9,2 | 9,5 | 5,9 | 11,8 | 7,8 |
| R² | 0,8816 | 0,9652 | 0,9753 | 0,9508 | 0,9671 | 0,9545 |
| P valor | 0,0055 | 0,0001 | 0,0017 | 0,0002 | 0,0026 | 0,0002 |

CO= carga animal objetivo