

---

**INVERNADA DE PRECISIÓN:  
Pasturas, Calidad de Carne, Genética,  
Gestión Empresarial e Impacto  
Ambiental  
(GIPROCAR II)**

**Editor: Fabio Montossi\***

\* Ing. Agr. PhD., Director Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

**Título:** INVERNADA DE PRECISIÓN: Pasturas, Calidad de Carne, Genética, Gestión Empresarial e Impacto Ambiental (GIPROCAR II)

**Editor:** Fabio Montossi

Serie Técnica N° 211

© 2013, INIA

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA  
Andes 1365, Piso 12. Montevideo, Uruguay.  
<http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

---

## Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel - Presidente

D.M.T.V., PhD. José Luis Repetto - Vicepresidente



D.M.V. Álvaro Bentancur

D.M.V., MSc. Pablo Zerbino



Ing. Agr. Joaquín Mangado

Ing. Agr. Pablo Gorriti





## AGRADECIMIENTOS

A las diferentes autoridades del INIA y FUCREA por apoyar este Proyecto durante el período 2007-2013 y en particular por compartir y sostener en el tiempo esta forma y estilo de trabajo conjunto.

A los asesores técnicos de FUCREA por apoyar con información, tiempo y contribuciones técnicas a las metas del presente Proyecto, y en particular a los Ings. Agrs. Bernardo Andregnette (responsable en la co-conducción del Proyecto por parte de FUCREA), Gonzalo Invernizzi, Ignacio Buffa y Diego Sotelo quienes cumplieron un rol fundamental en la coordinación así como en el cumplimiento y logros alcanzados.

A los investigadores del INIA, en particular, a los Ings. Agrs. Enrique Fernández, Alejandro La Manna, Raúl Bermúdez, Francisco Formoso, Rodrigo Zarza, Alejandro Morón, Enrique Fernández, Juan Mieres, Roberto San Julián, y Fernando Baldi, y Med. Vet., Georgget Banhero.

Al personal del INIA, en particular a Julio Costales, Mauro Bentancur, Wilfredo Zamit, Atahualpa Pérez y en particular al Tec. Agrop. Gerónimo Lima, por su dedicación e iniciativa con todos los actores involucrados en el Proyecto.

A los Ings. Agrs. Virginia Porcile y Raúl Gómez, por la sistematización de la información generada y edición de esta publicación, respectivamente.

Un especial reconocimiento de parte del INIA, por su cooperación, esfuerzo, trato y compromiso con este Proyecto a todos los productores del GIPROCAR II, pero en particular a: Jaime y Bernardo Hareau, Pablo Olivera, Martín Lavista, Enrique Peyronel, Sergio Jorajuría, Marcelo Gigena, Cesar Ceroni, Mauricio Rodriguez, Maria Eugenia Oholeguy y Alfredo Leaniz, y sus respectivas familias y colaboradores.



# CONTENIDO

## Página

### I. INTRODUCCIÓN: “INNOVACIÓN E INVERNADA DE PRECISIÓN PARA EL URUGUAY”.

1. Contexto y visión estratégica. ....	1
2. Las acciones conjuntas del INIA y FUCREA en el marco del Proyecto GIPROCAR II....	4
3. Bibliografía. ....	6

### II. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA TECNOLÓGICA REALIZADA A LOS PRODUCTORES DEL GIPROCAR II.

1. Objetivos de la encuesta. ....	7
2. Elaboración de la encuesta. ....	7
3. Análisis descriptivo del manejo pastoril e interpretación de la información generada...	8
3.1. Caracterización de la base forrajera.....	9
3.2. Rotaciones forrajeras utilizadas. ....	9
3.3. Decisiones de siembra.....	10
3.4. Elecciones de especies forrajeras.....	10
3.5. Manejo agronómico a la siembra y durante el desarrollo de la vida de la pastura. ....	12
3.6. Persistencia de las pasturas. ....	14
3.7. Re-fertilización de pasturas. ....	15
3.8. Presupuestaciones forrajeras.....	17
3.9. Manejo agronómico de las pasturas.....	18
3.10. Reservas forrajeras de origen fibroso. ....	20
3.11. Suplementación con concentrados. ....	21
3.12. Información climática. ....	22
4. Estrategias y percepciones de los productores. ....	22
5. Demandas tecnológicas. ....	25
6. Comentarios finales.....	27
7. Bibliografía.....	29
8. Anexos. ....	30

### III. ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DE GIPROCAR II: AJUSTE DEL “RISING PLATE METER” PARA LAS CONDICIONES DE URUGUAY.

1. Introducción.....	31
2. Antecedentes. ....	32
3. Herramientas para la estimación de la disponibilidad de forraje en pasturas.....	32
3.1. Métodos directos.....	33

3.1.1. Método de corte. ....	33
3.1.2. Método de doble muestreo. ....	33
3.2. Métodos indirectos. ....	33
3.2.1. Estimación visual. ....	34
3.2.2. Altura de regla. ....	34
3.2.3. Capacitancia electrónica o bastón medidor. ....	34
3.2.4. Medidor de disco de levante (Rising Plate Meter). ....	35
3.2.5. Estimación por métodos satelitales. ....	35
4. Rising Plate Meter: Descripción y uso del equipamiento. ....	36
4.1. Introducción. ....	36
4.2. Descripción del Rising Plate Meter. ....	36
4.3. ¿Cómo operar el contador electrónico?. ....	36
4.3.1 Operación de encendido y apagado del equipo. ....	36
4.3.2 Parte frontal visible y botones de mando. ....	37
4.3.3 Opciones para el comienzo, previo a la toma de registros. ....	37
4.3.3.1. Calibración a cero. ....	37
4.4. ¿Cómo tomar las medidas de RPM en el potrero?. ....	38
4.4.1. Pasos para la toma de medidas en el potrero. ....	38
4.5. Uso correcto de la técnica de medición. ....	39
4.6. Ecuaciones de predicción. ....	40
4.7. Cómo reemplazar las baterías. ....	40
4.8. Traslado del equipo. ....	40
5. Rising Plate Meter (RPM): Resultados y análisis de su calibración para las condiciones de las pasturas del Uruguay. ....	41
5.1. Antecedentes y objetivo del trabajo. ....	41
5.2. Materiales y métodos. ....	41
5.2.1. Criterios de selección de las pasturas utilizadas para la calibración. ..	41
5.2.2. Recolección de muestras de calibración. ....	41
5.2.3. Procesamiento estadístico. ....	42
5.3. Resultados. ....	42
5.3.1. Análisis descriptivo de la información. ....	42
5.3.2. Estudio de calibración. ....	45
5.3.2.1. Pasturas permanentes (PP). ....	46
5.3.2.1.1. Evaluación de efectos fijos sobre la variable dependiente "kg MS/ha". ....	46
5.3.2.1.2. Evaluación del ajuste del modelo predictivo. ....	49
5.3.2.1.3. Evaluación del efecto del tipo de pastura. ....	50
5.3.2.1.4. Evaluación del efecto de la estación del año. ....	53
5.3.2.2. Verdeos de Invierno (VI). ....	54
5.3.2.2.1. Evaluación de efectos fijos sobre la variable dependiente: "kg MS/ha muestra". ....	54



5.3.2.2.2. Evaluación del ajuste del modelo predictivo. ....	55
5.3.2.2.3. Evaluación del efecto del tipo de verdeo. ....	56
5.3.2.3. Verdeos de Verano (VV). ....	58
5.3.2.3.1. Evaluación de efectos fijos sobre la variable dependiente: "kg MS/ha_muestra". ....	58
5.3.2.3.2. Evaluación del ajuste del modelo predictivo. ....	59
6. Conclusiones. ....	62
7. Bibliografía. ....	63
8. Anexos. ....	65

#### **IV. CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DEL GIROCAR II: DISPONIBILIDAD, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y VALOR NUTRITIVO.**

1. Objetivos. ....	69
2. Metodología utilizada. ....	69
3. Caracterización general de los sistemas de producción. ....	70
4. Caracterización de suelos de los predios participantes. ....	75
5. Caracterización del clima durante el transcurso del Proyecto. ....	78
6. Determinaciones de altura y disponibilidad de forraje en los predios de los productores con el RPM. ....	80
7. Determinación de tasas de crecimiento de pasturas. ....	82
8. Composición botánica. ....	94
8.1. Campo Natural Mejorado. ....	94
8.2. Praderas de Ciclo Largo. ....	96
8.3. Praderas de Ciclo Corto. ....	99
9. Valor nutritivo del forraje ofrecido.....	100
9.1. Campo Natural Mejorado. ....	100
9.2. Praderas de Ciclo Largo. ....	104
10. Consideraciones finales. ....	105
11. Bibliografía. ....	106
12. Anexo: modelo cálculo agua disponible en el suelo-gras-inia. ....	107

#### **V. EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INVERNADA EN URUGUAY: UN ANÁLISIS DE FRONTERAS DE PRODUCCIÓN.**

1. Introducción. ....	109
2. Materiales y Métodos. ....	111
2.1. La frontera de posibilidades de producción. ....	111
2.2. Definición de las UTD y construcción de la matriz de datos.....	112
2.3. Construcción y cómputo del modelo de análisis. ....	116
2.4. Análisis de la relación entre eficiencia y parámetros productivos. ....	118

3. Resultados y Discusión. ....	118
3.1. Resultados físicos y económicos de las UTD seleccionadas. ....	118
3.2. Análisis gráfico de la eficiencia de producción. ....	
3.3. Niveles de eficiencia a nivel de cada predio. ....	123
4. Conclusiones. ....	127
5. Bibliografía Citada. ....	128

**VI. EL BALANCE DE NUTRIENTES EN 36 PREDIOS COMERCIALES DEL GIPROCAR II (FUCREA/INIA): “UNA PRIMERA APROXIMACIÓN AL PROCESO DE INTENSIFICACIÓN EN SISTEMAS AGRÍCOLA-GANADEROS Y SU POTENCIAL IMPACTO EN EL AMBIENTE”.**

1. Introducción. ....	129
2. ¿Cómo estimamos un balance de nutrientes? ....	130
3. Pérdidas de nutrientes en los predios ganaderos. ....	132
4. Objetivo. ....	132
5. Metodología. ....	133
6. Resultados. ....	133
7. Conclusiones. ....	136
8. Bibliografía. ....	136

**VII. EFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL CRECIMIENTO ANIMAL, LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE EN NOVILLOS DE CRUZA BRITÁNICA.**

1. Introducción. ....	137
2. Metodología. ....	138
2.1 Determinaciones a campo. ....	138
2.2 Determinaciones en el frigorífico. ....	138
3. Resultados: en el período de recría y engorde. ....	139
4. Resultados en calidad de canal y carne. ....	143
4.1. Peso de canal caliente. ....	143
4.2. Dentición. ....	143
4.3. Conformación y Terminación. ....	144
4.4. Peso de principales cortes. ....	145
4.5. Calidad de carne. ....	147
4.6. Modelos de predicción de rendimiento carnicero utilizando mediciones en el animal vivo y en la canal. ....	149
4.7. Principales correlaciones entre variables. ....	150
4.8. Modelos de regresión: <i>in vivo</i> y <i>post mortem</i> . ....	151
5. Consideraciones finales. ....	152
6. Agradecimientos. ....	153

---

**VIII. OBJETIVOS DE SELECCIÓN: HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE SELECCIÓN PARA GANADO DE CARNE EN SISTEMAS DE CICLO COMPLETO EN URUGUAY.**

1. Introducción. ....	155
2. Metodología de estimación de valores económicos. ....	156
3. Definición del sistema de base y el escenario de producción. ....	156
4. Identificación de objetivos de selección y sus valores económicos. ....	158
5. Una variante del sistema: el "Ciclo Incompleto". ....	160
6. Sensibilidad de las estimaciones. ....	162
7. Consideraciones finales. ....	163
8. Bibliografía. ....	164

<b>IX. CONSIDERACIONES FINALES. ....</b>	<b>165</b>
--	------------

## ÍNDICE DE CUADROS

### CAPÍTULO II: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA TECNOLÓGICA REALIZADA A LOS PRODUCTORES DEL GIPROCAR II.

<b>Cuadro 1.</b> Principales indicadores pastoriles para el ejercicio 2007-2008. ....	8
<b>Cuadro 2.</b> Principales indicadores productivos del ejercicio 2007-2008 de los productores encuestados. ....	9
<b>Cuadro 3.</b> Frecuencia de las distintas rotaciones agrícolas-pastoriles. ....	9
<b>Cuadro 4.</b> Frecuencia de las distintas rotaciones pastoriles. ....	9
<b>Cuadro 5.</b> Primer criterio considerado en la elección de especies forrajeras. ....	10
<b>Cuadro 6.</b> Criterios más importantes considerados en la elección de especies forrajeras. ....	11
<b>Cuadro 7.</b> Primer criterio considerado en la elección de variedades forrajeras. ....	11
<b>Cuadro 8.</b> Criterios más importantes considerados en la elección de variedades forrajeras. ....	11
<b>Cuadro 9.</b> Clasificación de los productores según manejo declarado a la siembra de avena, raigrás y pradera de acuerdo a la clasificación utilizado en puntaje: óptima (O), buena (b) y mala (M). ....	12
<b>Cuadro 10.</b> Principales causas que provocan disminución de persistencia de las pasturas. ....	14
<b>Cuadro 11.</b> Principales objetivos de las presupuestaciones forrajeras. ....	18
<b>Cuadro 12.</b> Principales aspectos relacionados al manejo del pastoreo. ....	19
<b>Cuadro 13.</b> Principales objetivos del uso de suplementos voluminosos. ....	20
<b>Cuadro 14.</b> Principales objetivos del uso de concentrados. ....	21
<b>Cuadro 15.</b> Principales razones de pérdida de competitividad de la ganadería. ....	22
<b>Cuadro 16.</b> Sumatoria de razones que provocan una pérdida de competitividad de la ganadería. ....	22
<b>Cuadro 17.</b> Principales razones que determinan que la agricultura sea una amenaza para la ganadería. ....	23
<b>Cuadro 18.</b> Principales razones que determinan que la agricultura sea una oportunidad para la ganadería. ....	23
<b>Cuadro 19.</b> Principales cambios a implantar en el establecimiento. ....	23
<b>Cuadro 20.</b> Principal aspecto tecnológico a implementar para incrementar la producción de carne. ....	24
<b>Cuadro 21.</b> Principales aspectos tecnológicos a implementar para incrementar la producción de carne. ....	24
<b>Cuadro 22.</b> Principales limitantes tecnológicas que deben ser investigadas en pasturas y temática pasturas. ....	24

### **CAPÍTULO III: ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DE GIPROCAR II: AJUSTE DEL “RISING PLATE METER” PARA LAS CONDICIONES DE URUGUAY.**

<b>Cuadro 1.</b> Distribución de muestras por productor según tipo de opción forrajera.....	43
<b>Cuadro 2.</b> Distribución porcentual de muestras por clasificación de la pastura. ....	43
<b>Cuadro 3.</b> Distribución de muestras por mes de muestreo. ....	44
<b>Cuadro 4.</b> Distribución de muestras por tipo de pastura.....	45
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza para el primer modelo propuesto para pasturas permanentes. ....	46
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza para el segundo modelo propuesto para pasturas permanentes. ....	47
<b>Cuadro 7.</b> Estimaciones de los distintos efectos del segundo modelo para pasturas permanentes. ....	48
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de regresión para las diferentes opciones de forrajeras dentro de pasturas permanentes. ....	49
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza para evaluar diferencias en coeficientes de regresión (Bo y B1) para cada tipo de pasturas de las 13 alternativas posibles de pasturas permanentes. ....	51
<b>Cuadro 10.</b> Estimadores de parámetros Bo y B1 para las 13 opciones de pasturas permanentes estudiadas. ....	51
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza del efecto de la estación sobre la regresión general de la pastura permanente. ....	53
<b>Cuadro 12.</b> Estimadores de parámetros Bo y B1 para las rectas de las distintas estaciones del año para las pasturas permanentes. ....	53
<b>Cuadro 13.</b> Análisis de varianza para verdeos de invierno. ....	55
<b>Cuadro 14.</b> Regresión simple para verdeos de invierno. ....	55
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza del modelo por tipo de verdeo de invierno. ....	57
<b>Cuadro 16.</b> Estimadores de parámetros Bo y B1 para las rectas de los dos verdeos de invierno evaluados. ....	57
<b>Cuadro 17.</b> Análisis de varianza para los verdeos de verano. ....	58
<b>Cuadro 18.</b> Regresión simple para verdeos de verano. ....	59
<b>Cuadro 19.</b> Análisis de varianza del efecto del tipo de verdeo de verano. ....	60
<b>Cuadro 20.</b> Estimadores de parámetros Bo y B1 para las rectas de los dos tipo de verdeos de verano. ....	61

#### **CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DEL GIPROCAR II: DISPONIBILIDAD, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y VALOR NUTRITIVO.**

<b>Cuadro 1.</b> Descripción de cada uno de los predios del presente trabajo. ....	71
<b>Cuadro 2.</b> Ejemplo de informe de seguimiento mensual de pasturas del Proyecto GIPROCAR II. ....	72
<b>Cuadro 3.</b> Resultados de análisis de suelo correspondientes a zonas de medición de la tasa de acumulación de forraje en las diferentes pasturas evaluadas (Profundidad de muestreo 0 – 10 cm). ....	76
<b>Cuadro 4.</b> Resultados del análisis de suelo correspondiente a zonas de medición de las tasas de acumulación de forrajes en las pasturas evaluadas (Profundidad de muestreo 0 – 10 cm). ....	77
<b>Cuadro 5.</b> Tasa de crecimiento promedio estacional (kg MS/día/ha) para el año 2009 de las diferentes pasturas monitoreadas en el presente Proyecto. ....	83
<b>Cuadro 6.</b> Tasa de crecimiento promedio estacional (kg MS/día/ha) para el año 2010 de las diferentes pasturas monitoreadas en el presente Proyecto. ....	84
<b>Cuadro 7.</b> Tasas de crecimiento promedio estacional (kg MS/día/ha) para el año 2011 de las diferentes pasturas monitoreadas en el presente Proyecto. ....	85
<b>Cuadro 8.</b> Tasas de crecimiento, promedio 2009 a 2011, por tipo de pastura y por estación. ....	88
<b>Cuadro 9.</b> Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de verdeos de invierno y praderas de ciclo corto obtenidas en el presente Proyecto en comparación con diferentes trabajos publicados en la bibliografía de referencia. ....	90
<b>Cuadro 10.</b> Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de praderas de ciclo largo de Festuca obtenidas en el presente Proyecto en comparación con diferentes trabajos publicados en la bibliografía de referencia. ....	91
<b>Cuadro 11.</b> Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de praderas de ciclo largo de Festuca y Dactylis en mezclas obtenidas en el presente Proyecto en comparación con diferentes trabajos publicados en la bibliografía de referencia. ....	92
<b>Cuadro 12.</b> Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de campo natural mejorado con diferentes especies obtenidas en el presente Proyecto en comparación con trabajos publicados en la bibliografía de referencia. ....	93
<b>Cuadro 13.</b> Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido de las jaulas de exclusión (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “El Amanecer” (Región Este). ....	101
<b>Cuadro 14.</b> Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido en cortes de campo para el ajuste de las ecuaciones del RPM (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “El Amanecer” (Región Este). ....	102
<b>Cuadro 15.</b> Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido de las jaulas de exclusión (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “La Manchega” (Región Este). ....	102

<b>Cuadro 16.</b> Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido en cortes de campo para el ajuste de las ecuaciones del RPM (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “La Manchega” (Región Este). .....	102
<b>Cuadro 17.</b> Valor nutritivo promedio del forraje estimado por cortes de campo natural que fue utilizado para la calibración del RPM en el período 2010-2011 para el Predio “La Manchega” (Región Este). .....	103
<b>Cuadro 18.</b> Valor nutritivo promedio de campo natural + leguminosas según bibliografía (Mieres, et al., 2004). .....	103
<b>Cuadro 19.</b> Valor nutritivo promedio del forraje de pradera de ciclo largo (con renovación por tratamiento químico) obtenido de las jaulas de exclusión (febrero-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “La Manchega” (Región Este). .....	104
<b>Cuadro 20.</b> Valor nutritivo promedio del forraje de pradera de ciclo largo (con renovación por tratamiento químico con Raigrás) obtenido desde los cortes de campo para la calibración del RPM en el año 2011 para el Predio “La Manchega” (Región Este). .....	104
<b>Cuadro 21.</b> Valor nutritivo promedio de “Praderas” según bibliografía (Mieres, et al., 2004). .....	105

#### **CAPÍTULO V: EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INVERNADA EN URUGUAY: UN ANÁLISIS DE FRONTERAS DE PRODUCCIÓN.**

<b>Cuadro 1.</b> Predios (UTD) participantes en los tres ejercicios. ....	113
<b>Cuadro 2.</b> Producto Bruto, gasto en insumos y margen bruto, por hectárea y por dólar de PB (en US\$). .....	115
<b>Cuadro 3.</b> Estimación de los índices de eficiencia para los veintisiete predios ganaderos (UTD) analizados. ....	119
<b>Cuadro 4.</b> Parámetros calculados para la UTD <sup>0</sup> y la UTD <sup>1</sup> más cercana en la frontera de producción. ....	123
<b>Cuadro 5.</b> Gasto promedio por unidad de producto y margen bruto por hectárea, por rango de eficiencia. ....	124
<b>Cuadro 6.</b> Matriz de correlaciones entre eficiencia económica y parámetros productivos, para las 27 UTD. ....	124
<b>Cuadro 7.</b> Modelo de regresión Tobit (variable dependiente), para las veintisiete UTD. ....	125

#### **CAPÍTULO VI: EL BALANCE DE NUTRIENTES EN 36 PREDIOS COMERCIALES DEL GIPOCAR II (FUCREA/INIA): “UNA PRIMERA APROXIMACIÓN AL PROCESO DE INTENSIFICACIÓN EN SISTEMAS AGRÍCOLA-GANADEROS Y SU POTENCIAL IMPACTO EN EL AMBIENTE”.**

<b>Cuadro 1.</b> Balance de N para los valores promedios, máximos y mínimos y mediana de los predios ganaderos bajo estudio. ....	133
<b>Cuadro 2.</b> Balance de P para los valores promedios, máximos y mínimos y la mediana para los predios ganaderos bajo estudio. ....	134

## **CAPÍTULO VII: EFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL CRECIMIENTO ANIMAL, LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE EN NOVILLOS DE CRUZA BRITÁNICA.**

<b>Cuadro 1.</b> Fechas de faena por productor. ....	139
<b>Cuadro 2.</b> Valores iniciales promedios de las principales variables analizadas en esta etapa. ....	139
<b>Cuadro 3.</b> Ganancias de peso vivo por animal y por día por período analizado y para todo el período desde inicio del trabajo y el envío a faena. ....	142
<b>Cuadro 4.</b> Peso de Canal Caliente (PCC) por sistema de producción. ....	143
<b>Cuadro 5.</b> Medidas morfométricas de la canal y área de ojo de bife por ultrasonido relacionadas al peso de la canal caliente izquierda y espesor de grasa subcutánea por ultrasonido. ....	144
<b>Cuadro 6.</b> Peso de principales cortes y proporción del Rump & Loin de la media res....	145
<b>Cuadro 7.</b> Promedio de pH según sistema. ....	147
<b>Cuadro 8.</b> Color de la grasa según escala AUSMeat de las canales evaluadas por productor....	147
<b>Cuadro 9.</b> Parámetros de color en la carne. ....	148
<b>Cuadro 10.</b> Promedio de dureza (kgF) de la carne según sistema. ....	148
<b>Cuadro 11.</b> Escalas de Marbling (según USDA). ....	148
<b>Cuadro 12.</b> Marbling promedio por productor. ....	149
<b>Cuadro 13.</b> Principales correlaciones entre variables carniceras. ....	150
<b>Cuadro 14.</b> Modelos de regresión para predicción del PCC, de los principales cortes (bife angosto y rump & loin) y de su relación el PCC, para el total de novillos evaluados en plantas frigoríficas, utilizando las mediciones <i>in vivo</i> previo al embarque. ....	151
<b>Cuadro 15.</b> Modelos de regresión para predicción de los principales cortes (bife angosto y rump&loin), para el total de novillos evaluados en plantas frigoríficas, utilizando el PCC. ....	152

## **CAPÍTULO VIII: OBJETIVOS DE SELECCIÓN: HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE SELECCIÓN PARA GANADO DE CARNE EN SISTEMAS DE CICLO COMPLETO EN URUGUAY.**

<b>Cuadro 1.</b> Descripción del sistema de producción considerado. ....	157
<b>Cuadro 2.</b> Pesos vivos (kg) de acuerdo a tasas de crecimiento propuestas según sexo y momento del ciclo productivo. ....	157
<b>Cuadro 3.</b> Caracteres objetivo de selección y su incidencia en la estructura de ingresos y costos del sistema de ciclo completo definido. ....	159
<b>Cuadro 4.</b> Valores económicos estimados como resultado del incremento de una unidad en las característica objetivo manteniendo el resto constantes. ....	160
<b>Cuadro 5.</b> Descripción del sistema de producción considerado. ....	161
<b>Cuadro 6.</b> Valores económicos estimados en un sistema de cría + recría de machos o “ciclo incompleto”. ....	162



## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN: “INNOVACIÓN E INVERNADA DE PRECISIÓN PARA EL URUGUAY”.

<b>Figura 1.</b> Modelo conceptual del INIA para la “Innovación e Invernada de Precisión” del Uruguay. ....	2
---	---

### CAPÍTULO II: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA TECNOLÓGICA REALIZADA A LOS PRODUCTORES DEL GIPROCAR II.

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica de predios integrantes del GIPROCAR II. ....	8
<b>Figura 2.</b> Origen de las semillas utilizadas en siembra de praderas y verdeos. ....	10
<b>Figura 3.</b> Resumen de la clasificación del manejo a la siembra de las distintas opciones de pasturas y forrajes. ....	13
<b>Figura 4.</b> Clasificación de la importancia de los problemas de persistencia en pasturas y duración promedio de las mismas. ....	14
<b>Figura 5.</b> Aplicaciones de fertilizaciones en distintos tipo de pasturas. ....	15
<b>Figura 6.</b> Frecuencia de re-fertilizaciones según tipo de verdeo. ....	16
<b>Figura 7.</b> Frecuencia de re-fertilizaciones en pasturas permanentes. ....	17
<b>Figura 8.</b> Percepción sobre efectividad de las presupuestaciones forrajeras. ....	18
<b>Figura 9.</b> Principales criterios utilizados para el inicio del pastoreo. ....	19
<b>Figura 10.</b> Principales criterios utilizados para el retiro de animales del pastoreo. ....	19
<b>Figura 11.</b> Tipo de voluminosos suministrados. ....	20
<b>Figura 12.</b> Tipo de suplementos concentrados suministrados a animal por los productores. ....	21

### CAPÍTULO III: ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DE GIPROCAR II: AJUSTE DEL “RISING PLATE METER” PARA LAS CONDICIONES DE URUGUAY.

<b>Figura 1.</b> Representación esquemática del RPM. ....	36
<b>Figura 2.</b> Dispositivo electrónico del RPM. ....	36
<b>Figuras 3 y 4.</b> Registración de medidas con el RPM (izquierda) y corte de muestras para muestreos de materia seca (derecha) para la calibración del RPM. ....	42
<b>Figura 5.</b> Distribución de muestras por productor. ....	42
<b>Figura 6.</b> Regresión simple entre muestras de cortes y altura comprimida del RPM para todo tipo de pasturas perennes. ....	50
<b>Figura 7.</b> Regresiones de predicción para cada tipo de pasturas dentro de Pasturas Permanentes. ....	52
<b>Figura 8.</b> Regresiones para pasturas perennes según la estación del año. ....	54

<b>Figura 9.</b> Regresión general simple para todo tipo de verdeos de invierno. ....	56
<b>Figura 10.</b> Regresión para cada tipo de verdeo de invierno (avena y raigrás). ....	57
<b>Figura 11.</b> Regresión general simple para verdeos de verano. ....	59
<b>Figura 12.</b> Regresión para cada tipo de verdeo de verano. ....	61

**CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DEL GIPROCAR II: DISPONIBILIDAD, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y VALOR NUTRITIVO.**

<b>Figura 1.</b> Superficie total (%) del Proyecto según Unidad de Suelos. ....	75
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de predios integrantes del Proyecto por Unidad de Suelos dominante. ....	75
<b>Figura 3.</b> Agua Disponible (%) en el suelo por mes para los 3 años (2009, 2010 y 2011) de monitoreo del Proyecto para pasturas y forrajes según mes de muestreo. ....	79
<b>Figura 4.</b> Evolución mensual de la disponibilidad de forraje (MS kg MS/ha) promedio por establecimiento de las pasturas muestreadas en cada uno, para el período diciembre 2008 – diciembre 2011. ....	80
<b>Figura 5.</b> Disponibilidad de forraje promedio anual según pastura y por predio (cálculo en base a ecuaciones calibración del RPM por tipo pastura (Pravia et al., en esta publicación) en diciembre del año 2011. ....	81
<b>Figura 6.</b> Jaulas de exclusión y cortes de crecimiento de forraje. ....	82
<b>Figura 7.</b> Tasas de crecimiento promedio por estación para cada tipo de pastura monitoreada (años 2009, 2010 y 2011). ....	87
<b>Figura 8.</b> Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado con Lotus Maku y Holcus Lanatus sembrado en el año 2004 y renovado en el año 2007 (Predio “El Amanecer”, Región Este). ....	95
<b>Figura 9.</b> Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado con Lotus cv. El Rincón + Trébol blanco (Predio “La Manchega”, Región Este). ....	95
<b>Figura 10.</b> Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado de Lotus corniculatus + Trébol blanco y Trébol rojo (Predio “Tierra Negra”, Región Litoral Oeste). ....	96
<b>Figura 11.</b> Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado (Predio “Santa Francisca”, Región Litoral Oeste). ....	96
<b>Figura 12.</b> Evolución de la composición botánica de una pradera de ciclo largo sembrada en el año 2007 con renovación utilizando tratamiento química (Predio “La Manchega”, Región Este). ....	97
<b>Figura 13.</b> Evolución de la composición botánica de una pradera de Festuca (Predio “Santa Aurea”, Región Litoral Oeste). ....	97
<b>Figura 14.</b> Evolución de la composición botánica de una pastura mezcla de Festuca, Trébol rojo y Lotus corniculatus sembrada en el año 2007 (Predio “La Paisanita”, Región Litoral Oeste). ....	98
<b>Figura 15.</b> Evolución de la composición botánica de una pradera de ciclo largo (Cebadilla + Alfalfa)(Predio “Santa Francisca”, Región Litoral Oeste). ....	98

<b>Figura 16.</b> Evolución de la composición botánica de una pradera de ciclo corto (T.rojo + raigrás) (Establecimiento “Santa Francisca”, Región Litoral Oeste). .....	99
<b>Figura 17.</b> Evolución de la composición botánica de una Pradera de ciclo corto (Cebadilla + Trébol rojo) (Predio “Santa Francisca”, Región Litoral Oeste). .....	99
<b>Figura 18.</b> Evolución de la composición botánica durante el período 2009-2011 de una pradera de ciclo corto (Cebadilla y Trébol rojo)(Predio “Santa Aurea”, Región Litoral Oeste). .....	100

## **CAPÍTULO V: EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INVERNADA EN URUGUAY: UN ANÁLISIS DE FRONTERAS DE PRODUCCIÓN.**

<b>Figura 1.</b> Fronteras de posibilidades de producción. ....	112
<b>Figura 2.</b> Ranking de eficiencia de los 27 predios (UTD) participantes del estudio. ....	120
<b>Figura 3.</b> Representación espacial del uso de los tres insumos por unidad de producto, en dólares. ....	120
<b>Figura 4.</b> Eficiencia respecto a la relación del gasto en pasturas y suplementación. ....	121
<b>Figura 5.</b> Eficiencia respecto a la relación del gasto en sanidad y suplementación. ....	122
<b>Figura 6.</b> Eficiencia respecto a la relación del gasto en pasturas y sanidad. ....	122

## **CAPÍTULO VI: EL BALANCE DE NUTRIENTES EN 36 PREDIOS COMERCIALES DEL GIPOCAR II (FUCREA/INIA): “UNA PRIMERA APROXIMACIÓN AL PROCESO DE INTENSIFICACIÓN EN SISTEMAS AGRÍCOLA-GANADEROS Y SU POTENCIAL IMPACTO EN EL AMBIENTE”.**

<b>Figura 1.</b> Entradas y salidas de nutrientes de un predio. ....	131
<b>Figura 2.</b> Fuentes relativas de entradas nitrógeno y fósforo. ....	134

## **CAPÍTULO VII: EFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL CRECIMIENTO ANIMAL, LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE EN NOVILLOS DE CRUZA BRITÁNICA.**

<b>Figura 1.</b> Evolución del peso vivo durante el periodo de estudio por productor. ....	140
<b>Figura 2.</b> Evolución de la altura del anca (cm) durante el periodo de estudio por productor. ....	141
<b>Figura 3.</b> Evolución del área de ojo de bife (cm <sup>2</sup> ) durante el periodo de estudio por productor. ....	141
<b>Figura 4.</b> Evolución del espesor de grasa (mm) durante el periodo de estudio por productor. ....	141
<b>Figura 5.</b> Distribución de las canales por rangos de peso de canal caliente por productor. ....	143
<b>Figura 6.</b> Distribución de las canales por dentición por productor. ....	144
<b>Figura 7.</b> Distribución de los pesos de los bifos angostos según peso umbral de 4,5 kg por productor. ....	146

**Figura 8.** Distribución de los pesos de los lomos según peso umbral de 1,8 kg por productor. .... 146

**Figura 9.** Distribución de los grados de marbling por sistema y en el total de la población analizada. .... 149

**CAPÍTULO VIII: OBJETIVOS DE SELECCIÓN: HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE SELECCIÓN PARA GANADO DE CARNE EN SISTEMAS DE CICLO COMPLETO EN URUGUAY.**

**Figura 1.** Precios (en pie) de diferentes categorías en los últimos 7 años. .... 158

**Figura 2.** Estructura de ingresos y costos del sistema base modelado. .... 158

**Figura 3.** Producción física de los sistemas de Ciclo Completo e Incompleto para las diferentes categorías de venta. .... 161

**Figura 4.** Proporción de los ingresos provenientes de cada categoría de venta en un "ciclo incompleto". .... 162

**Figura 5.** Sensibilidad de los VE calculados para el sistema de ciclo completo a variaciones en los precios de novillo, vaca gorda y ternera. .... 163

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN: “INNOVACIÓN E INVERNADA DE PRECISIÓN PARA EL URUGUAY”

Fabio Montossi<sup>1</sup>

## 1. CONTEXTO Y VISIÓN ESTRATÉGICA

Después del análisis realizado sobre los coeficientes productivos y de eficiencia durante los últimos 20 años de la ganadería del Uruguay (Montossi y Soares de Lima, 2010) quedó claro el sostenido crecimiento que tuvo este sector y que están dadas las condiciones presentes y futuras para un nuevo salto productivo y competitivo para toda la Cadena Cárnica del Uruguay. La responsabilidad de capitalizar y alcanzar este nuevo impulso para el beneficio de la ganadería y del país, es de todos los actores, sin excepciones. La invernada bovina es parte de esta realidad y futuro a desarrollar.

En este sentido, de parte de la innovación e investigación nacional, existe una serie de desafíos y oportunidades para el desarrollo de una ganadería de engorde intensiva más competitiva. La realidad del contexto de producción de la invernada intensiva en las regiones agrícola ganaderas del Uruguay ha estado marcada por un avance sustancial de la agricultura, y en menor grado de la forestación, generando importantes cambios en la estructura productiva y comercial regional, con importantes incrementos en los precios y renta de la tierra, con cambios en el uso de la tierra, inversiones dentro y fuera de los establecimientos, encarecimiento en la mano de obra cada vez menos calificada y escasa, mayor demanda tecnológica en todos los sectores, alianzas estratégicas entre diferentes actores para ser más eficientes

en todos los procesos productivos y comerciales, donde la escala del negocio juega un rol fundamental para mejorar la competitividad de este agronegocio. Esta realidad altamente competitiva, está presionado fuertemente a la ganadería para carne, generando mayores demandas para el aumento de la productividad y eficiencia productiva. Esta intensificación y especialización productiva debe contemplar el uso sostenible de los recursos naturales. Estas consideraciones, son el marco conceptual donde INIA (Montossi *et al.*, 2001) desarrolla sus propuestas tecnológicas para promover una ganadería de invernada más competitiva y sostenible.

En este contexto, el modelo conceptual de INIA de incremento de la productividad y competitividad del engorde bovino en sistemas agrícola-ganaderos intensivos, nos lleva a desarrollar un concepto sistémico de “Innovación e Invernada de Precisión para el Uruguay” (**Figura 1**). En la profundización de este enfoque se destaca que la nueva invernada es “Proveedora de alimentos cárnicos para consumidores cada vez más exigentes”. Esta definición nos lleva a una dimensión más amplia de nuestro rol como productores, ya no vendemos novillos, ni vendemos canales, sino que vendemos alimentos para consumidores (internos y externos) que están muy expectantes y exigentes en cuando a nuestra responsabilidad en términos económicos, sociales y ambientales en la generación del alimento carne. Este enfoque integra a todos los actores de la Cadena Cárnica.

<sup>1</sup> Ing. Agr. PhD., Director Programa Nacional Producción de Carne y Lana

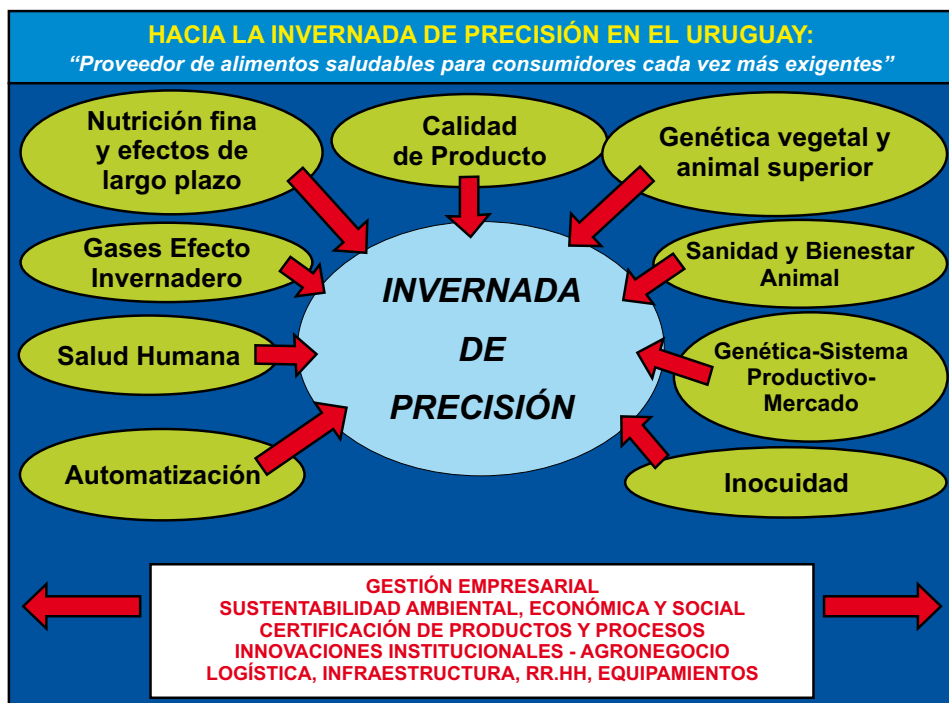


Figura 1. Modelo conceptual del INIA para la "Innovación e Invernada de Precisión" del Uruguay.

2

Con el marco conceptual desarrollado previamente, las acciones de investigación e innovación deben estar centradas en el incremento de la productividad e ingreso, acompañadas de otras acciones específicas asociadas a la diferenciación y agregado del producto y con un enfoque proactivo del cuidado del medio ambiente, considerando:

- La **nutrición fina** y sus efectos de largo plazo, donde la inclusión de la alimentación con granos y/o pasturas de alta productividad durante el proceso de invernada, tanto en la recría como en la terminación, deben ser integrados bajo la lógica de los impactos que se generan en la productividad global del sistema productivo, y de los efectos que se generan a lo largo de la vida de animal, ya sea en términos de productivos como de calidad de producto.
- Estudios de la influencia de los factores de producción sobre aspectos del **rendimiento y calidad** de la canal, y

de la carne (ej. terneza, marmoreado, color de carne y grasa, nivel de engrasamiento, pH, etc.), incluyendo aspectos de aceptabilidad de la carne por parte de los consumidores.

- El impacto de la carne generada por los diferentes sistemas de producción sobre la **salud humana**, en términos de su caracterización por su valor nutricional (ácidos grasos, vitaminas, minerales, etc.).
- La evaluación de la producción de **gases de efecto invernadero** asociados a la manipulación integral de la dieta, manejo, genética, etc. Todo ello, para la generación de coeficientes y herramientas que reduzcan las emisiones (principalmente de metano) por kilo de carne producido. Finalmente, esta información puede ser utilizada para la construcción y fomento de una "huella de carbono" a nivel del sector cárnico sobre la base de información nacional,

lo cual redundará seguramente en una mejora del posicionamiento de nuestro país en el mercado internacional. No cabe duda que ésta es una estrategia de mitigación frente a los efectos del **cambio climático**, y que puede tener un importante efecto en el mercado cárnico.

- El proceso de generación, validación, transferencia, y adopción tecnológica se desarrolla en un marco de sistemas heterogéneos (ej. suelo, vegetación, animales), donde el mismo no es lineal, y debe contemplar una visión de **cambio técnico** considerando los diferentes públicos objetivos, diseñando estrategias diferenciales para tener un mayor impacto con un enfoque sostenible.
- **Impacto ambiental** de la intensificación productiva (ej. efluentes de corrales, balances de nutrientes, particularmente fósforo y nitrógeno). Claramente, estos aspectos constituyen elementos fundamentales en la valorización y diferenciación ambiental de nuestros sistemas productivos.
- La **genética animal y vegetal**, que aumenten la productividad y eficiencia productiva, en un contexto de intensificación y estabilidad productiva y de aumento de variabilidad climática y cambio climático. La genómica está llamada a jugar un rol clave en esta área, sobre todo en el mediano y largo plazo.
- La **sanidad y bienestar animal**, constituyen elementos claves a tener en cuenta cuando se intensifican los sistemas productivos y se aumenta el grado potencial de vulnerabilidad, ya sea por aspectos productivos como éticos.
- La **inocuidad de carnes** donde la mayor productividad de los sistemas puede llevar al incremento en el riesgo de aumento de la probabilidad de la carga microbiana en animales, canales, y carne.
- Del diseño de **sistemas de producción** especializados, donde se debe combinar eficientemente la genética animal, el sistema de producción y el mercado destino de los productos generados.
- Evaluación del **impacto económico** de las tecnologías aplicadas tanto desde el punto de vista parcial como a nivel del sistema productivo.
- La posibilidad de explorar las **sinergias productivas, ambientales y económicas** que tiene el sector cárnico con otros sectores como el agrícola, en el nuevo marco reglamentario del uso y manejo de suelos de las tierras dedicadas a la producción de cereales.
- Es necesario, en el nuevo contexto cada vez más complejo y dinámico, disponer de herramientas de **gestión empresarial** que permitan abordar integralmente el manejo del predio y las oportunidades que genera, por ejemplo, la integración de rubros.
- La **certificación de productos y procesos** en la producción animal, sobre sólidas bases científicas y estrategias eficientes de marketing, son parte integral de una Cadena Cárnica moderna, innovadora y competitiva, que genera confianza a nivel de los consumidores más exigentes.
- La **trazabilidad y las tecnologías de la información** son elementos claves y sinérgicos para mejorar la eficiencia y valorizan productos y procesos a nivel de todos los actores de la Cadena Cárnica, y que generan confianza en nuestros clientes intermediarios y finales.
- Es claro que una Cadena Cárnica competitiva debe estudiar aquellos factores intrínsecos y extrínsecos al producto que hacen a las preferencias y

actitudes positivas de los **consumidores** hacia la carne proveniente del Uruguay.

Con una visión integral, todas estas áreas temáticas que hacen al desarrollo de la "Innovación e Invernada de Precisión" están interaccionando de diferentes formas, donde la búsqueda de sinergias y de balances entre los efectos diferenciales que estas generan hace en gran medida al éxito del cumplimiento del objetivo mayor.

## 2. LAS ACCIONES CONJUNTAS DEL INIA Y FUCREA EN EL MARCO DEL PROYECTO GIPROCAR II.

El GIPROCAR II (Grupo Grupo InterCREA de Producción de Carne) fue un proyecto impulsado por INIA y FUCREA entre los años 2007 y 2011 que involucró a un grupo de 33 productores y técnicos de ambas instituciones, así como a las Unidades Experimentales y Demostrativas de: la Asociación Rural de Florida, Unidad Experimental y Demostrativa de Young (UEDY) y la Unidad de Invernada Intensiva de INIA La Estanzuela.

Este Proyecto fue planteado sobre los antecedentes generados por el GIPROCAR I (1998–2001), pero con una nueva realidad productiva, tecnológica y de agronegocio agropecuaria que en aquel entonces. El GIPROCAR I permitió diagnosticar que a pesar de haber un alto grado de variabilidad entre empresas respecto al resultado productivo y económico, se encontró un conjunto de variables más estrechamente ligadas al mismo. Si bien estas variables siguen teniendo una relación directa con el ingreso económico, los sistemas de producción y sus dinámicas han cambiado sustancialmente en los últimos años.

El GIPROCAR II continúa con la misma filosofía, donde el trabajo conjunto entre las dos instituciones INIA y FUCREA, permite **expandir "los campos experimentales" a lo largo y ancho del Uruguay**, además de permitir la retroalimentación continua de identificación de prioridades de investigación para nuestro

Instituto y facilitar la transferencia de tecnología dentro y fuera del movimiento CREA. De esa manera, se contempla la diversidad de sistemas de producción presentes así como la orientación y actitud empresarial de los productores que se integraron al Proyecto, parte de una nueva realidad a la cual debemos presentar soluciones tecnológicas diseñadas "más a la medida".

Este GIPROCAR II, se desarrolló en un nuevo contexto productivo y económico donde se presenta un cambio de "paradigma" en la manera de producir en los sistemas intensivos de invernada vacuna del Uruguay. En la actualidad, éstos tienen como elementos distintivos, el crecimiento constante de la agricultura de secano y el consecuente desplazamiento de la ganadería de invernada hacia regiones de menor potencial y/o potreros más marginales dentro de un mismo predio. Todo ello genera desafíos, donde la investigación debe transformar las amenazas potenciales en oportunidades. Es por eso que este Proyecto formó parte del portafolio de proyectos estratégicos del Programa Nacional de Carne y Lana de INIA para su Plan Estratégico 2007-2011.

El Proyecto tuvo como **objetivo principal** generar soluciones tecnológicas para el incremento de la competitividad de los productores de invernada del Litoral Oeste y Cristalino del Centro y Este del Uruguay, cuantificando el impacto del cambio técnico en la productividad, sostenibilidad ambiental, calidad de producto y el resultado económico.

El Proyecto fue formulado en conjunto por los cuadros técnicos de ambas instituciones, marcando así un estilo diferente de enfoque, trabajo y de accionar. De parte de INIA, con una visión integral y hacia una invernada de precisión y sustentable productiva, económica, ambiental y socialmente, se realizó un especial énfasis en las siguientes áreas temáticas que fueron desarrolladas en diferentes capítulos:



- **Capítulo II. Encuesta Tecnológica:** El objetivo final de la encuesta fue realizar un análisis sobre la situación de los productores del Proyecto en cuanto al uso de las tecnologías, particularmente del componente pastoril, con respecto a aquellas generadas por las organizaciones nacionales de investigación. También, en caso de encontrarse brechas tecnológicas se realizaron diferentes análisis sobre las posibles razones de las mismas en base a la opinión de los entrevistados y trabajos en grupos entre técnicos, productores e investigadores.
  - **Capítulo III. Ajuste del “Rising Plate Meter” (RPM; Plato de Levante):** El objetivo de este componente fue generar ecuaciones de predicción para estimar la disponibilidad de forraje por unidad de superficie vía el uso del RPM para distintos tipos de pasturas. También se evaluó la robustez de dichas ecuaciones, y si las mismas variaban según el tipo de pastura y estación del año.
  - **Capítulo IV. Productividad y valor nutritivo de las pasturas:** En este capítulo el esfuerzo se concentró en cuantificar los niveles de productividad y valor nutritivo que generan las pasturas más utilizadas a nivel de los predios comerciales de invernada intensiva así como estableció la potencial brecha tecnológica que podría existir en la productividad de estas pasturas con relación a la información generada por la investigación nacional.
  - **Capítulo V. Fronteras de Producción:** El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de un grupo de empresas ganaderas en términos del nivel de eficiencia económica exhibido en el empleo de insumos y factores en la producción. A partir de la información productiva y económica registrada, se aplicó un análisis que permitiera estimar en forma empírica la frontera de producción para el grupo de empresas evaluadas. Dentro de dicho grupo se identificaron aquellas unidades de tomadores de decisiones económicas que se localizaron sobre la frontera (eficientes) y las que se ubicaron fuera de ella.
  - **Capítulo VI. Balance de Nutrientes:** Este trabajo tuvo como objetivo principal aplicar una herramienta tecnológica que se utiliza como indicador de sustentabilidad en los predios del GIPROCAR II, midiendo así la eficiencia en el uso de nutrientes y el impacto potencial sobre el medio ambiente.
  - **Capítulo VII. Crecimiento y Calidad de Canal y Carne:** El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de producción en el crecimiento animal, su rendimiento carnicero y la calidad de canal y carne procedentes de predios invernadores y de ciclo completo con base pastoril del GIPROCAR II.
  - **Capítulo VIII. Objetivos de Selección:** Este trabajo hizo foco en el estudio de aquellos factores que contribuyen al desarrollo de objetivos de selección para un ciclo completo ganadero, y se sentaron las bases para la generación de un índice de selección para este tipo de sistema productivo.
- Con el convencimiento de los importantes beneficios que genera el trabajo conjunto entre investigadores, técnicos asesores y productores, esperamos que la información que se presenta a continuación sea de utilidad para los lectores y que a su vez también contribuya en los procesos de toma de decisión a nivel de los diferentes actores involucrados, así como de estímulo en el desarrollo de trabajos futuros en las temáticas contempladas en la presente publicación.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

**Montossi, F., Soares de Lima, J.M.** 2011. Después de 20 años de crecimiento de la Ganadería del Uruguay: "Desarrollo de propuestas tecnológicas para el próximo salto productivo - Desde la Cría". En: Revista INIA Nº 26, Agosto. 31-38.

**Montossi, F., Fernández, E., Soares de Lima, J.M., Banchemo, G., Paz, M., La Manna, A., y Mieres, J.** 2011. En tiempos de Agricultura: ¿Hacia dónde vamos en la invernada intensiva?. En: Revista INIA Nº 27, Diciembre. 19-24.

# CAPÍTULO II

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA TECNOLÓGICA REALIZADA A LOS PRODUCTORES DEL GIPROCAR II

Maria Isabel Pravia<sup>1</sup>, Fabio Montossi<sup>2</sup> y Bernardo Andregnette<sup>3</sup>, Gonzalo Invernizzi<sup>4</sup>, Walter Ayala<sup>5</sup>, Robin Cuadro<sup>6</sup> y Virginia Porcile<sup>7</sup>

### 1. OBJETIVOS DE LA ENCUESTA

El objetivo principal de la encuesta fue realizar un análisis sobre la situación de los productores del Proyecto en cuanto al uso de las tecnologías, particularmente del componente pastoril, con respecto a aquellas generadas por las organizaciones nacionales de investigación. También en caso de encontrarse brechas tecnológicas se realizaron diferentes análisis sobre las posibles razones de las mismas sobre la base de la opinión de los entrevistados y trabajos en grupos entre técnicos, productores e investigadores.

Esta encuesta tecnológica, que reunió información cuantitativa y cualitativa, fue realizada a la gran mayoría de los productores y técnicos del GIPROCAR II, involucrando la temática tecnológica del componente pastoril y adicionalmente se contemplaron aquellos aspectos tecnológicos asociados al uso de suplementos y al manejo del componente animal.

Dicha información se levantó a través de un formulario constituido por 13 secciones, en donde las primeras 12 se refieren a decisiones tomadas en el ejercicio anterior, mientras que la última (13) es referida a estrategias y percepciones del empresario sobre medidas para su situación en particular. Las secciones se presentan a continuación:

1. Superficie de pastoreo. Proporción de áreas de mejoramiento y verdes.

2. Rotaciones forrajeras.
3. Decisiones de siembra
4. Especies forrajeras
5. Manejo agronómico a la siembra y durante la pastura
6. Persistencia de pasturas
7. Presupuestaciones forrajeras
8. Re-fertilizaciones
9. Manejo del pastoreo y semilleros
10. Reservas forrajeras
11. Suplementación
12. Información climática
13. Estrategias y percepciones

En el formulario de la encuesta se presentaron distintos tipos de preguntas; algunas requería de la elección de una sola opción, ya que las demás eran excluyentes, mientras que en otras preguntas se debería responder sobre la elección de hasta tres opciones (dependiendo de cada pregunta), indicando el orden de importancia de acuerdo al criterio del encuestado. Se presentaron situaciones en algunas preguntas que no correspondían para la situación particular de una empresa, por lo que en ese caso se utilizó la opción “No sabe” o “No corresponde”.

### 2. ELABORACIÓN DE LA ENCUESTA

La elaboración de la misma estuvo a cargo del equipo técnico de los Programas Carne y Lana, Pasturas y Forrajes de INIA, y del equipo técnico de FUCREA involucrado en el Proyecto.

<sup>1</sup> Ing. Agr. INIA/FUCREA Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>2</sup> Ing. Agr. PhD. Responsable por INIA–GIPROCAR II y Director Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>3</sup> Ing. Agr. Responsable por FUCREA – GIPROCAR II.

<sup>4</sup> Ing. Agr. FUCREA/INIA – GIPROCAR II.

<sup>5</sup> Ing. Agr. PhD. Director Regional INIA Treinta y Tres.

<sup>6</sup> Ing. Agr. Programa Nacional de Pasturas y Forrajes, INIA Tacuarembó.

<sup>7</sup> Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA Tacuarembó.

La realización de la encuesta (noviembre y diciembre 2008) a los productores estuvo a cargo de los Ingenieros Agrónomos María Isabel Pravia de INIA y Gonzalo Invernizzi de FUCREA-INIA. La misma fué realizada a 30 productores de los 33 integrantes del GIPROCAR II.

### 3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL MANEJO PASTORIL E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERADA.

#### 3.1 Caracterización de la base forrajera

En esta sección se presenta una descripción general de la población de estudio en cuanto a su ubicación geográfica y potencial de producción de sus tierras, y fundamentalmente recaba la información de la estructura gene-

ral de la base forrajera utilizada en las invernadas de éstos productores.

En cuanto a la ubicación geográfica, el 70% de los productores se encuentran ubicados en el Litoral Oeste, mientras que solo el 30% en la zona de Cristalino. El índice CONEAT promedio para los 30 productores fue de 106, con mínimo de 70 y un máximo de 185, presentando un coeficiente de variación del 23%.

En el **Cuadro 1** se presentan algunos indicadores que describen las generalidades del componente pastoril de estos productores al momento de realizar la encuesta. En el **Cuadro 2** se presentan algunos indicadores tecnológicos de manera de dar un reflejo de la producción de carne obtenida por los productores encuestados.



Figura 1. Ubicación geográfica de predios integrantes del GIPROCAR II.

Cuadro 1. Principales indicadores pastoriles para el ejercicio 2007-2008.

Indicadores pastoriles	Promedio	CV	Min	Max
Superficie Pastoreo (has)	755	473	85	2269
% Sup. Pastoreo/Total	67	22	28	100
% Sup. Mejorada	79	24	28	100
% Praderas mezclas	34	18	0	71
% Praderas leguminosas puras	4	5	0	25
% Gramíneas puras	2	4	0	14
% Verdeos de invierno	10	9	0	32
% Verdeos de verano	2	3	0	9
% Mejoramiento de campo	22	25	0	91
% Campo natural	22	18	0	68

**Cuadro 2.** Principales indicadores productivos del ejercicio 2007-2008 de los productores encuestados.

Indicadores productivos	Promedio	CV	Min	Max
Prod. PV (kg/ha)-Ejercicio 07/08	251	90	71	483
UG/ha	1,18	0,26	0,81	1,9
Cabezas/ha	1,57	0,35	1,09	2,46
Ganancia diaria/animal (g/a/día)	435	106	172	639

La información presentada en los **Cuadros 1 y 2** demuestran que estos productores de GIPROCAR II se encuentran por encima de los niveles de productividad (250 kg de peso vivo/ha) de la generalidad de la ganadería y de la invernada en particular (Plan Agropecuario, 2008). Se destaca dentro del área de pastoreo, la importante proporción de área mejorada (79%) de estos establecimientos, principalmente explicados por praderas convencionales-mezcla de leguminosas y gramíneas (34%), mejoramientos de campo (22%) y verdes de invierno (10%).

### 3.2. Rotaciones forrajeras utilizadas

Se les preguntó a los productores cuáles eran las rotaciones más frecuentes que tenían en sus establecimientos respecto a aquellas áreas que incluían cultivos agrícolas

**Cuadro 3.** Frecuencia de las distintas rotaciones agrícolas-pastoriles

	Rotación Agrícola - Pastoril	%
1	CV-CI-CV-Pradera	17,2
2	CI-CV-CI-CV-Pradera	17,2
3	CV-CI-CV-CI c/Pradera	13,8
4	CI-CV-CI c/Pradera	13,8
5	CI-CV-CI-Pradera	10,3
6	CV- VI-CV-CV-CI c/Pradera	6,9
7	VI-CV-CI-CV-CI c/Pradera	6,9
8	CV-CV-Pradera	6,9
9	CV-CV-CI c/Pradera	3,5
10	CV-CI c/Pradera	3,5

Referencias: CV – cultivo de verano, CI –cultivo de invierno, CI c/pradera –cultivo de invierno con pradera consociada.

las y pasturas en distintas combinaciones en años y en frecuencia de cada actividad, y aquellas rotaciones únicamente pastoriles. En el **Cuadro 3** se presenta la frecuencia de las distintas opciones de rotaciones agrícolas-pastoriles, mientras que en el **Cuadro 4** se observan las distintas opciones de rotaciones de pasturas.

**Cuadro 4.** Frecuencia de las distintas rotaciones pastoriles.

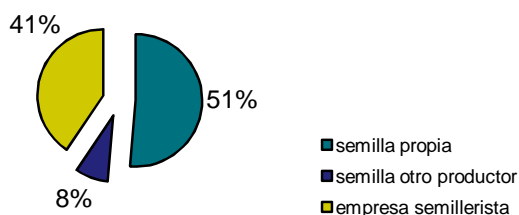
	Rotación Pastoril	%
1	VI-VV-Pradera	38,5
2	VI c/Pradera	23,1
3	VI-VV-VI c/Pradera	15,4
4	VV-VI c/Pradera	15,4
5	VI-VV-VI-VV-Pradera	7,7

Referencias: VV – verdeo de verano, VI – verdeo de invierno, VI c/pradera –verdeo de invierno con pradera consociada.

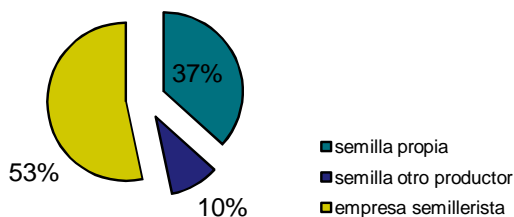
### 3.3. Decisiones de siembra

El 100 % de los productores declararon que tienen en cuenta la historia de la chacra al momento de planificar la siembra. En el caso de implantar una pradera o un verdeo, la misma se realiza respetando algunos fundamentos de la rotación pero no estrictamente (73 a 65%), según sea una pradera o verdeo respectivamente. En cambio, entre el 20 y 28% respeta los fundamentos estrictamente de las rotaciones planificadas, mientras que un 7% declaran que las implantaciones de praderas o verdes se realizan de acuerdo a las necesidades de la empresa, independientemente si estaban planificadas o no. Cuando se cambia el año de implantación prefijado en la rotación, generalmente se define 3 meses antes de la

**Semilla utilizada en siembra de pradera**



**Semilla utilizada en siembra de verdeos**



**Figura 2.** Origen de las semillas utilizadas en siembra de praderas y verdeos.

fecha de siembra prevista (41% en praderas y 52% en verdeos), algunos lo definen 6 meses antes (45% en praderas y 30% en verdeos), y en menor proporción lo definen con mayor antelación a un año (7% para ambas pasturas) o menos de 3 meses (7 y 11%).

En el caso de las praderas permanentes que se roturan antes de lo previsto, las principales causas que lo llevan a tomar esta decisión, en orden de importancia, son:

1. Porque la producción forrajera de la pastura no está acorde a la edad de la misma (45,5%).
2. Para incrementar la participación de otros rubros, fundamentalmente agricultura (34,1%).
3. Otras (20,4%).

La semilla utilizada en las siembras de praderas en un 51% es de origen propio y un 41% de empresas semilleras, mientras que en el caso de los verdeos el 53% proviene de empresas y el 37% es producción propia. La semilla proveniente de otro productor, representa 8 y 10% para praderas y verdeos, respecti-

vamente. Esta información se ilustra en la **Figura 2**.

Para cualquiera de los casos encuestados, se declara que el 80% exige controles de calidad de semilla, mientras que un 13% no lo exige y un 7% lo hace a veces.

En cuanto a las fechas de siembra, un 80% declara que siembra de acuerdo a lo planificado y un 20% que no siempre es así. Las principales razones por no sembrar en fecha son el clima (68%), por depender de maquinaria externa (18%) y un 14% por otros factores tales como logística, malezas, capacidad de siembra sobrepasada.

**3.4 Elecciones de especies forrajeras**

La elección de las especies forrajeras a implantar está determinada por la elección de especies que mejor se adaptan a la zona como criterio más importante con un 52% de coincidencia en las respuestas, continuando por la elección de especies con mayor productividad por ha (27%) y siguiéndole la opción de mayor productividad relativa en estaciones limitantes (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Primer criterio considerado en la elección de especies forrajeras.

	<b>Elección de especies forrajeras – Principal criterio</b>	<b>%</b>
1.	Especies que mejor se adaptan a la zona.	52%
2.	Especies de mayor productividad por ha.	27%
3.	Especies de mayor productividad relativa en estaciones limitantes.	9%
4.	Otras varias.	12%



**Cuadro 6.** Criterios más importantes considerados en la elección de especies forrajeras.

Criterios considerados en la elección de especies forrajeras (%)		
1.	Especies que mejor se adaptan a la zona.	37 %
2.	Especies de mayor productividad por ha.	32 %
3.	Especies de mayor productividad relativa en estaciones limitantes.	14 %
4.	Disponibilidad de semilla en el mercado.	5 %
5.	Especies de mayor productividad en largo plazo.	5 %
6.	Especies de menor costo por ha.	5 %
7.	Otras.	2 %

Cuando se preguntó además del primer criterio mencionado en el **Cuadro 1**, que señalara un segundo y tercer criterio, el porcentaje de importancia final (sumatoria de 1er, 2do y 3er criterio) varió levemente como se muestra en el **Cuadro 6**. La elección de especies con mayor adaptación a la zona sigue siendo la más importante, pero se le acerca la elección de especies por mayor productividad/ha debido a que esta opción es la más elegida en segundo y tercer lugar, así como la elección de especies por productividad en estaciones limitantes, la cual es bastante nombrada como segundo y tercer criterio de elección y se ubica en el 3er puesto.

En cuanto al proceso de elección de las variedades forrajeras, los criterios definidos por los productores como los más importantes en este proceso se muestra el **Cuadro 7**.

Cuando se analiza no solo el principal criterio, sino también los segundos y terceros aspectos que consideran los productores, los aspectos resaltados son los mismos pero cambia el orden e importancia relativa (**Cuadro 8**). Dentro del componente "Otros", se incluye (variedades de menor costo por ha, variedades de menor costo por kg de MS producido, la disponibilidad en el mercado, en el momento que voy a comprar y otros).

**Cuadro 7.** Primer criterio considerado en la elección de variedades forrajeras.

Elección de variedades forrajeras – principal criterio		%
1.	Variedades mejor evaluadas en evaluación de cultivares INASE – INIA.	23%
2.	Variedades promocionadas por empresas privadas.	19%
3.	Variedades con mayor producción en estaciones limitantes.	15%
4.	Variedades de mayor producción por ha.	15%
5.	Otras varias (6 opciones).	27%

**Cuadro 8.** Criterios más importantes considerados en la elección de variedades forrajeras.

Elección de variedades forrajeras – sumatoria de criterios		%
1.	Variedades con mayor producción en estaciones limitantes.	18 %
2.	Variedades promocionadas por empresas privadas.	16 %
3.	Variedades mejor evaluadas en evaluación de cultivares INASE-INIA.	16 %
4.	Variedades de mayor producción por ha.	16 %
5.	Disponibilidad de semilla en el mercado.	11 %
6.	Otras varias (4 opciones).	24 %

### 3.5 Manejo agronómico a la siembra y durante el desarrollo de la vida de la pastura

En esta sección se relevó las distintas densidades de siembra de pasturas utilizada, puras o mezclas, dosis de fertilizantes y momentos de aplicación, el tipo de siembra, el control de malezas y momento. Las respuestas fueron bastante variables de acuerdo a cada productor, por lo que para poder analizar de alguna manera se procedió a agrupar los 5 puntos definidos como más importantes, que se señalan a continuación:

1. Densidad de siembra.
2. Fertilización a la siembra.
3. Siembra directa
4. Control malezas.
5. Re-fertilización.

De acuerdo a este criterio de clasificación se asignó un puntaje de 0 (malo), 1 (bueno) ó 2 (óptimo) de acuerdo al manejo realizado por cada productor en cada uno de los 5 ítems y para cada tipo de pastura.

En cuanto a las densidades de siembra, se clasificó "0" si las dosis estaban por debajo de las recomendaciones de referencia, "1" si eran las adecuadas, y "2" si estaban por encima de las recomendadas (Carámbula, M., 2005; Forrajeras, Catálogo de cultivares, INIA, 2010;). En cuanto a la fertilización en la siembra, se clasificó como "0" si no realizaba, "1" si era un valor fijo y/o dosis generalmente recomendada, "2" si se hacían

análisis de suelo y se ajustaba de acuerdo a la historia de chacra. En el punto "3" los valores eran: "1" si hacía siembra directa ó "0" si era siembra con laboreo. Respecto al control de malezas, se asignaba "0" si no se controlaba y "1" si solo controlaba en la siembra, y el "2" si se controlaba en siembra y durante la fase de pastura en producción. En cuanto al punto 5, referido a la re-fertilización, donde se clasificó como "1" si se re-fertilizaba la pastura y "0" si no lo hacía.

En el **Cuadro 9** se presenta un resumen de las calificaciones asignadas a cada manejo para cada opción forrajera: avena, raigrás y praderas. Se excluyen las gramíneas puras como festuca, sudangrás, leguminosas puras como alfalfa, o mejoramientos de campo por contar con muy poca información (1 o 2 productores de los 30 entrevistados) como para generalizar una evaluación que fuese representativa. Para cada pastura, se presentan las opciones óptimo (O), bueno (B) y malo (M), de acuerdo a la descripción del puntaje anterior.

Del **Cuadro 9**, se puede interpretar que en cuanto a las densidades de siembra el 57% de los productores utilizan densidades adecuadas, aunque todavía hay algunos que siembran a bajas dosis fundamentalmente en especies como raigrás y avena. Respecto a la fertilización a la siembra se cumple mayormente con lo recomendado para las tres especies forrajeras, fundamentalmente para las praderas. El uso de siembra directa es unánime para la avena, y prácticamente es también el caso de las praderas, pero en

**Cuadro 9.** Clasificación de los productores según manejo declarado a la siembra de avena, raigrás y pradera de acuerdo a la clasificación utilizado en puntaje: óptima (O), buena (b) y mala (M).

Tipo pastura	Avena			Raigrás			Praderas		
	O	B	M	O	B	M	O	B	M
Densidad de siembra.		57%	43%		53%	47%		77%	23%
Fertilización a la siembra.		87%	13%		84%	16%		95%	5%
Siembra directa.		100%	0%		74%	26%		95%	5%
Control malezas.	26%	74%	0%	16%	84%	0%	45%	55%	0%
Re-fertilización.		19%	81%		47%	53%		81%	19%

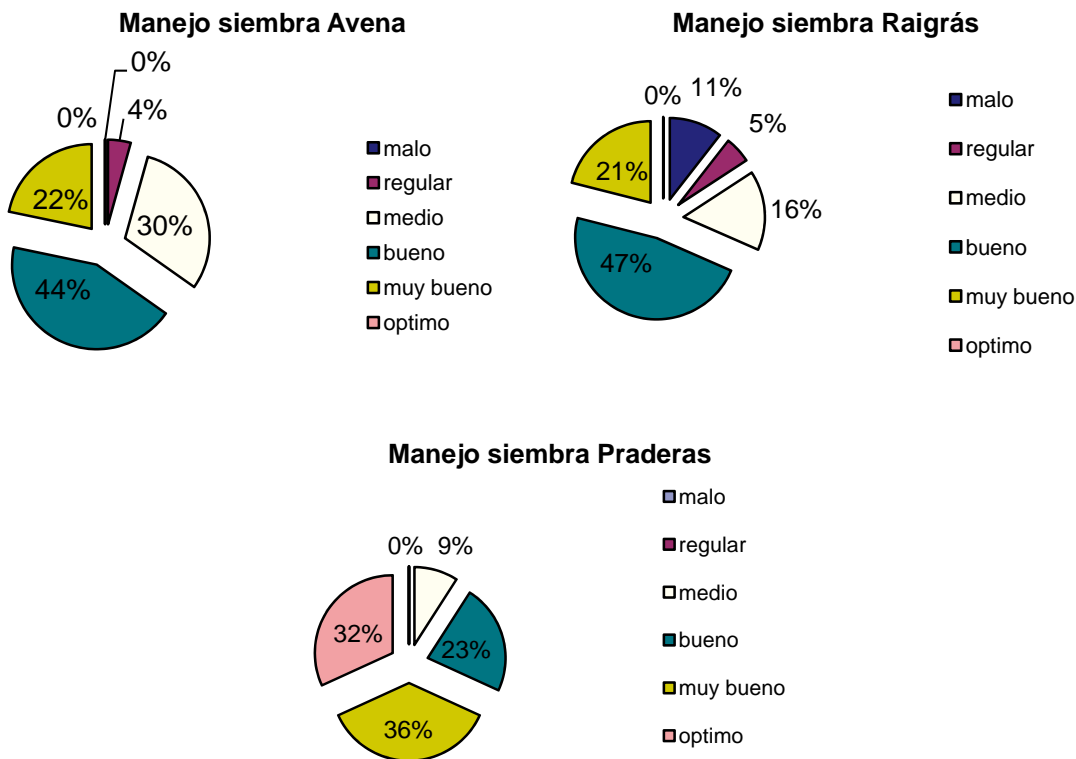


el caso de raigrás hay un 26% que se refiere a otras prácticas, fundamentalmente la siembra al voleo. Respecto al control de malezas, solamente se cuantificó las veces que se realizaba y no las dosis de producto. Se observa que hay un bajo porcentaje de productores que controlan a las malezas previo a la implantación y luego realizan un seguimiento durante la vida de las praderas, lo que determina que algunos productores alcancen el “manejo óptimo”. Sin embargo, la mayoría (entre 55-84%) solamente controla las malezas durante la implantación de la pastura (manejo “bueno”).

De estos resultados se pueden detectar las escasas re-fertilizaciones que realizan los

productores de verdeos de invierno, ya que solo el 19 y 47%, lo aplican para avena y raigrás respectivamente, mientras que en praderas permanentes la situación es de mayor preocupación por re-fertilizar ya que el 81% de los productores realizan esta práctica frecuentemente.

Al final se sumaron los puntajes de los 5 ítems, lo que determinó un puntaje total de clasificación de 0 a 6, de malo a óptimo (malo, medio, regular, bueno, muy buen y óptimo) de acuerdo a cómo fue el manejo global de la siembra para cada pastura. En la **Figura 3**, se muestra la distribución de productores de acuerdo al manejo global que realizan en la implantación y manejo de cada tipo de pastura.



**Figura 3.** Resumen de la clasificación del manejo a la siembra de las distintas opciones de pasturas y forrajes.

Cuando se resume en una única valoración el manejo a la siembra de acuerdo a la combinación de los distintos manejos aplicados por los productores, en el caso de la avena el 66% de los productores realizan, en general, manejos buenos a superiores, mientras que un 34% de los mismos realizan manejos regulares a medios (Figura 3). En el caso del raigrás, el 47% realizan manejos buenos, sin embargo, hay una mayor proporción de productores que realiza manejos regulares y malos (16%). En las praderas permanentes se observa una mayor preocupación por realizar de la mejor manera las prácticas de siembra y mantenimiento de las mismas, ya que el 91% realiza manejos de siembra ya sean buenos o superiores y no se encontró ningún manejo regular o malo.

### 3.6 Persistencia de las pasturas

Se consultó sobre el problema de la persistencia de las pasturas y los productores encuestados coincidieron que en un 54% que este

es un problema importante, un 20% considera muy importante, un 23% poco importante y un 3% sin importancia (Figura 4). La duración promedio de las pasturas implantadas (praderas) es de 2,9 años para los que consideran que la persistencia de las pasturas es un problema muy importante, y de 3,5; 4,1 y 4 años para los que le siguen de mayor a menor orden de importancia, respectivamente.

Cuando se les preguntó a los productores cuáles eran las principales causas que determinan problemas de persistencia, se destaca el factor climático como principal factor (36%; sequías), y con valores menores (rango de 10 -14%), a los factores asociados a enmalezamiento, sobrepastoreo y producción en zonas marginales (Cuadro 10). La mala implantación y los niveles limitantes de nutrientes son de menor valor relativo (7-8%).

En cuanto a las principales malezas presentes en las praderas, para el 21% la más importante fue el cardo, para el 13% fue el senecio y para otro 13% la biznaga. En segundo

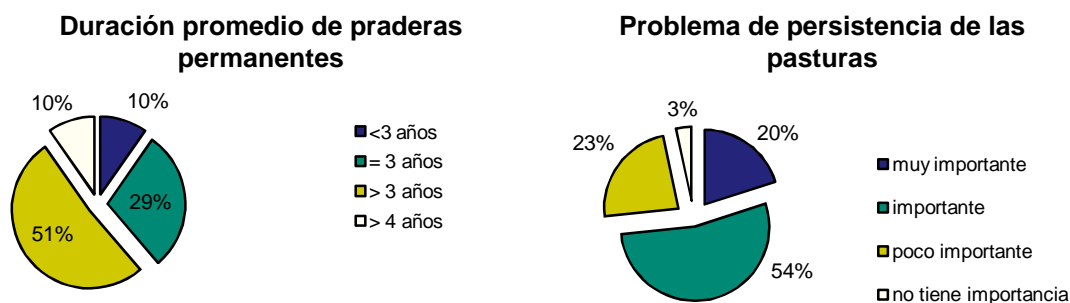


Figura 4. Clasificación de la importancia de los problemas de persistencia en pasturas y duración promedio de las mismas.

Cuadro 10. Principales causas que provocan disminución de persistencia de las pasturas.

Principales causas que generan problema de persistencia (%)		
1.	Sequías.	36%
2.	Enmalezamiento durante el cultivo.	14%
3.	Sobrepastoreo.	14%
4.	Producción forrajera en zonas de menor potencial, marginales.	10%
5.	Mala implantación.	8%
6.	Niveles de nutrientes limitantes.	7%
7.	Otros varios.	12%

lugar aparecen la cardilla, sida y la gramilla. En el caso de los mejoramientos de campo, la gramilla y la cardilla son las malezas más importantes en un 24 y 21% de las respuestas, seguida por el senecio y cardo.

El 100% de los encuestados declaran realizar algún tipo de control sobre las malezas; el 35% realiza controles químicos, mientras que un 33% realiza control químico y mecánico combinado, un 22,5% realiza rotaciones de cultivos y un 10% solamente controles mecánicos. De los que realizan controles químicos, el 80% declara que son herbicidas selectivos, mientras que un 12% de utiliza herbicidas de amplio control, y un 8% ambos. Dichos controles los realizan durante el ciclo del cultivo y previo a la siembra en un 53% de las veces, un 35% durante la pastura y un 12% solo previo a la siembra. Respecto al control de insectos en las pasturas solo un 44% realiza algún tipo de control, el que consiste mayormente

utilizar semilla curada o cebos tóxicos, para combatir las hormigas e isocas que son los principales problemas que destacan los productores.

De los productores encuestados ninguno disponía de un sistema de riego para suplementar con agua sus pasturas.

### 3.7 Re-fertilización de pasturas

Se encuestó respecto a si se realizaban re-fertilizaciones en los verdesos, praderas y mejoramientos de campo. En la **Figura 5** se observa que si bien varía con el tipo de pasturas, y que no disponer de información si son las dosis adecuadas, existe una alta predisposición a re-fertilizar las pasturas (59-84%).

Cuando se preguntó sobre la frecuencia de las re-fertilizaciones, las mismas también variaron con el tipo de pasturas como se observa en

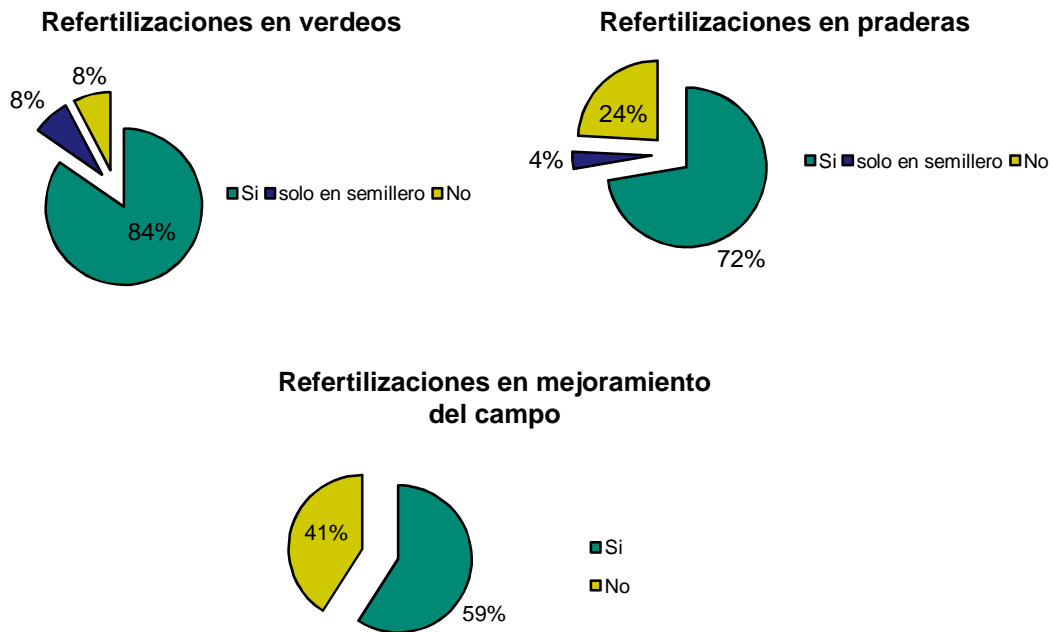


Figura 5. Aplicaciones de fertilizaciones en distintos tipo de pasturas.

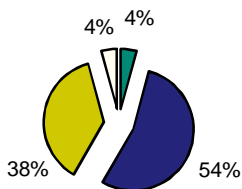
la **Figura 6**. Para el caso de los verdes de invierno, el 54% declararon que se re-fertiliza solo una vez en el ciclo del cultivo, una proporción media de 38% re-fertiliza más de una vez, mientras que en los verdes de verano el 56% no re-fertiliza.

En el caso de las praderas permanentes y mejoramientos de campo las frecuencias de re-fertilizaciones son bastante similares entre sí y superiores a las de los verdes, indicando que el 85% y 86% de los productores re-fertiliza todos los años, respectivamente (**Figura 7**). Es importante aclarar que los productores que presentan los distintos ti-

pos de pasturas no siempre son los mismos, por lo que las frecuencias están calculadas sobre distintos números de observaciones.

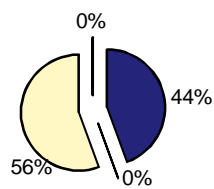
Se les preguntó si las fertilizaciones se realizan a dosis fija o consideran otros aspectos. En el caso de los verdes, el 48% aplica dosis fija, mientras que el 52% considera otros aspectos; en las praderas y mejoramientos de campo un 38 y 38,5% son aplicaciones a dosis fijas, mientras que un 62 y 61,5% consideran otros aspectos a la hora de decidir en la re-fertilización. Estos aspectos considerados varían con el tipo de pasturas aunque en todos los casos los costos son un aspecto

**Frecuencia de refertilizaciones en verdes invernales**



- Siempre luego de cada pastoreo
- Solo una vez en el ciclo del cultivo
- Más de una vez en el cultivo
- Otros.

**Frecuencia de refertilizaciones en verdes estivales\***

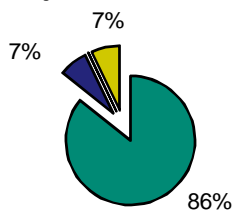


- Siempre luego de cada pastoreo
- Solo una vez en el ciclo del cultivo
- Más de una vez en el cultivo
- No refertiliza

\*solo un 50% de los encuestados contestaron esta pregunta

**Figura 6.** Frecuencia de re-fertilizaciones según tipo de verdeo.

**Frecuencia de refertilizaciones en mejoramientos de campo**



- una vez al año todos los años
- cada dos años
- solo una vez cada mas de 3 años
- Otros

**Figura 7.** Frecuencia de re-fertilizaciones en pasturas permanentes.

muy importante que determina la decisión del productor de aplicar o no esta práctica.

En caso de los verdeos, los aspectos considerados como de primer orden de prioridad para la toma de la decisión de re-fertilizar son: 1) si se cierra la pastura para semillero (32%), 2) dependiendo de los costos de los fertilizantes (27%), 3) potencial de producción de la pastura (23%), y 4) otros varios (18%).

En caso de las praderas, los aspectos considerados para las re-fertilizaciones cuando no son a dosis fijas las utilizadas, son, en orden de importancia, los siguientes: 1) los costos de los fertilizantes (29%), 2) potencial de producción de la pastura (24%), si se cierra para la cosecha de semilla (12%), año de la pastura (12%) y otros varios (24%).

Para los que re-fertilizaban los mejoramientos de campo y cuando se consideran distintos aspectos simultáneamente para la toma de decisiones, los criterios son los mismos: 1) dependiendo de los costos (50%), 2) del potencial de producción de la pastura y niveles de nutrientes del suelo (20% cada uno respectivamente), y 3) otros varios (10%).

Las principales fuentes de nutrientes aplicados para verdeos son nitrógeno como fuente única (87%) y para las praderas fósforo fuente única (43%) o combinado entre fuentes de fósforo y nitrógeno (48%); y finalmente para

el caso de los mejoramientos de campo lo son el fósforo (69%) como fuente única o combinado (31%).

Cuando se les consultó a los productores sobre si hacían muestreos regularmente para análisis de suelo respondieron: 71% dijo que sí, mientras que no lo hacen el 29%. Los nutrientes que analizan son fundamentalmente nitrógeno y fósforo (34,4%), materia orgánica (31,3%) y fósforo (25%).

### 3.8 Presupuestaciones forrajeras

El 93,3% de los productores realizan presupuestaciones forrajeras, de los cuales el 39% las realiza anualmente, un 37% trimestralmente y un 17% realizan presupuestaciones forrajeras parciales.

Las respuestas resultantes cuando se les consultó cuales fueron los principales objetivos que lo llevan a realizar estas presupuestaciones, son detalladas en orden de importancia en el **Cuadro 11**.

El 77% declara que las presupuestaciones forrajeras son realizadas con el asesor en donde la principal fuente de información es proveniente de una base de FUCREA, o información propia de años anteriores. Solo un 17% utiliza información proveniente de publicaciones de INIA (ej. Series Técnicas) y menos del 7% usa otras fuentes de información tales como Leborgne (1983), evaluación de cultivares, etc. Está claro también

**Cuadro 11.** Principales objetivos de las presupuestaciones forrajeras.

Objetivo de las presupuestaciones forrajeras		%
1	Para cuantificar el alimento con que va a disponer en el año y así ajustar la carga.	38%
2	Ajustar la dotación por ventas y compras.	30%
3	Ver la necesidad de reservas de voluminosos o granos a producir o comprar para soportar la carga.	28%
4	Otros.	4%

de la encuesta, con respecto al acceso a la información que está disponible hasta el momento, se consigue fácilmente (48%), con alguna dificultad (30%), y solo un 22% considera que con mucha dificultad.

En cuanto a la estimación de los requerimientos animales; el 76% se realiza en conjunto con el asesor a partir de información propia de años anteriores, o estimación de carga que soporta por ha, y solo un 24% declara utilizar fuentes bibliográficas como las tablas de Leborgne (1983), Crempier (1983) y en menor proporción las tablas de NRC (1996). Cuando se les consultó cómo realizaban la estimación de requerimientos de los animales en la presupuestación, las respuestas fueron las siguientes:

- 1) de acuerdo a la capacidad de carga (UG/ha o cabezas/ha) del potrero (43%).
- 2) a través de balance energético en función del peso vivo y la categoría utilizada (40%).
- 3) de acuerdo al objetivo de producción (ganancia esperada, kg finales, otros), (17%).

Cuando se les consultó sobre qué opinan de la efectividad de dichas presupuestaciones realizadas, las respuestas fueron contundentes en que las mismas sobreestiman la capacidad del campo (**Figura 8**). Cuando se les pregunto por cuáles serían las principales

razones de ello; el 71% coincide que es por el factor climático, un 21% cree que por disponer de información errónea y un 7% por otros factores.

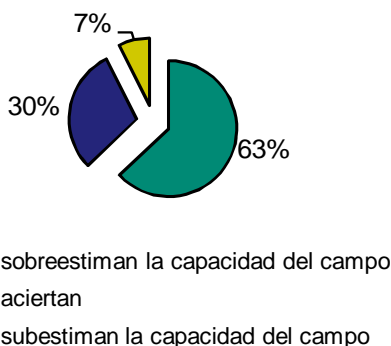
### 3.9 Manejo agronómico de las pasturas

Esta sección tuvo como principal objetivo evaluar las decisiones más importantes que toman los productores del punto de vista del manejo agronómico de sus pasturas. Las mismas fueron realizadas para cada pastura en particular, pero en la mayoría de los casos el resultado del manejo fue el mismo, por lo que se optó por analizar conjuntamente el manejo general de las mismas y presentarlo de esa forma. En el **Cuadro 12** se presenta un resumen de las respuestas declaradas por los productores que corresponden a las generalidades en el manejo del pastoreo en sus establecimientos.

En cuanto al pastoreo en sí, un 42% declara conocer de alguna manera una estimación de la materia seca por hectárea disponible al inicio del pastoreo, y un 77% realiza algún tipo de estimación de disponibilidad como criterio tomar decisiones en referencia al manejo de la pastura.

Al preguntar qué tipo de medida es utilizada para tener una estimación de la disponibilidad de materia seca, las respuestas

**Precisión de presupuestaciones forrajeras**



**Figura 8.** Percepción sobre efectividad de las presupuestaciones forrajeras.

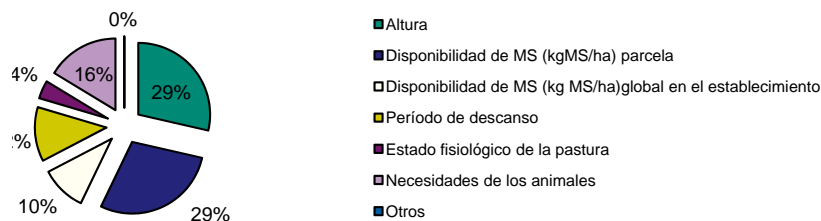
**Cuadro 12.** Principales aspectos relacionados al manejo del pastoreo.

Generalidades del manejo del pastoreo
• El 77% realiza pastoreo rotativo con otros potreros, y un 17% en franjas dentro del potrero.
• Solo un 7% realiza pastoreo mixto con ovinos.
• El tamaño medio de los potreros es menor a 20 has (50%), entre 20-40 has (28%), y mayor de 40 has (22%).
• El 97% utiliza alambrado eléctrico en el manejo del pastoreo.
• El 63% dispone de agua en todos los potreros, y un 30% tiene agua disponible en más del 50% de los potreros.
• La principal fuente de agua son los arroyos o cañadas (42%) y bebederos (40%).
• Solo un 21% dispone de sombra en todos los potreros, un 41% en más del 50% de los potreros, mientras que un 38% no dispone de sombra en todos potreros.

fueron contundentes en que la misma son mayoritariamente a partir de una estimación visual (63%), en tanto, por muestreo, corte y estufa (27%) y por la altura del forraje (10%). Sin embargo, cuando se les pregunta por el principal criterio utilizado para determinar el inicio o retiro de los animales del pastoreo, el criterio predominante utilizado es la altura del forraje como se puede observar en las Figuras 9 y 10.

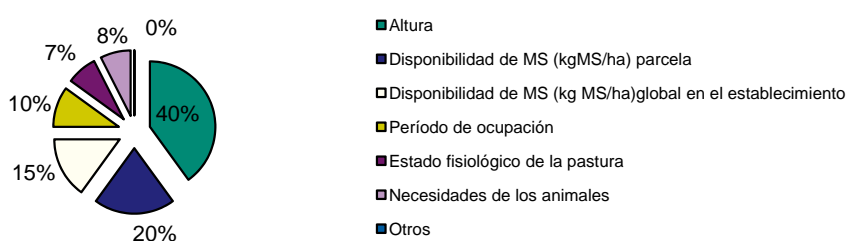
Como se observa en ambas Figuras mencionadas, la altura del forraje y la disponibilidad de materia seca/ha de la parcela son los dos criterios más importantes para decidir el ingreso de los animales al potrero. Estos dos indicadores están directamente asociados, ya que existe una asociación entre la estimación de la disponibilidad forraje presente en un potrero dado y la apreciación visual de la altura de la misma (Hodgson, 1990, Montossi y col., 1998; Ganguli y col., 2000.). En

**Criterio de inicio del pastoreo**



**Figura 9.** Principales criterios utilizados para el inicio del pastoreo.

**Criterio de retiro de animales del pastoreo**



**Figura 10.** Principales criterios utilizados para el retiro de animales del pastoreo.

tercer lugar de importancia, se encuentra las necesidades de los animales y luego el período de descanso del potrero. Para el retiro de los animales el criterio más importante es la altura de forraje, destacándose por encima de la importancia relativa de los demás criterios. En segundo lugar aparece la disponibilidad de la parcela, y en tercer lugar importa la disponibilidad de material seca global en el establecimiento.

El 60% de los encuestados señalan que cierran al pastoreo algunas de sus pastura para cosechar semilla, cuyo principal objetivo es autoabastecerse (50%), para autoabastecerse y vender si le sobra semilla (25%) y únicamente para la venta (25%). Para estos casos, el manejo de las pasturas en un 83% de las veces es un manejo diferencial, en donde el primer aspecto a considerar es una mayor fertilización (78%), y en segundo lugar un mayor control de malezas (73%).

### 3.10 Reservas forrajeras de origen fibroso

El 90% de los productores utilizó reservas forrajeras de origen fibroso en la alimentación de su ganado. El origen de estas fibras es un

93% propio, y un 7% de origen tanto propio como externo. Para realizar estas reservas un 54% cuenta con la maquinaria necesaria, mientras que un 46% debe contratarla.

El tipo de voluminoso suministrado corresponde mayormente a fardos de praderas (38%), seguido por fardos de rastrojos de cultivos fundamentalmente cultivos de invierno (30%), y en tercer lugar fardos de verdesos (19%) (**Figura 11**).

La realización y suplementación con este tipo de reservas forrajeras es una práctica estructural en un 93% de los productores encuestados, y solo un 7% coyuntural por alguna situación que se presenta en algún año particular.

Cuando se les preguntó cuál era el principal objetivo del uso de estos voluminosos, la priorización fue predominantemente al ajuste de carga (71%), como lo muestran el **Cuadro 13**. Respecto al segundo objetivo un 17% coincidieron que era el ajuste de la dieta y tercero fue diferir el forraje para períodos limitantes (12%). Entre la sumatoria de orden de prioridad 1 y 2, se destacan la importancia de ajuste de la carga (41%) y ajuste de la dieta (35%).

Tipo de voluminosos suministrados

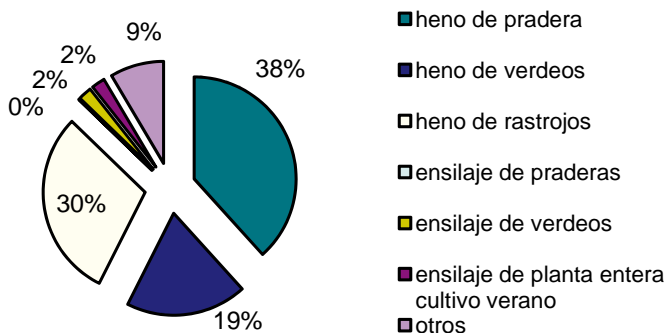


Figura 11. Tipo de voluminosos suministrados.

Cuadro 13. Principales objetivos del uso de suplementos voluminosos.

Principal Objetivo del uso de voluminosos (%)	
1. Ajustar la carga.	71%
2. Ajustar la dieta incorporando fibra.	17%
3. Diferir forraje para periodos limitantes.	12%



Otros aspectos de este tipo de suplementación son que el 85% de los productores no realizan ningún tipo de conservación de estos alimentos.

Se destaca que el 96% de los productores no realizan análisis del valor de los voluminosos producidos.

Con respecto a la forma de suplementar el voluminoso, éste es suministrado en el suelo (52%) o aros de hierro (45%).

### 3.11 Suplementación con concentrados

El 93% de los productores suplementó sus animales con alimentos concentrados en el ejercicio evaluado y el uso de los mismos es una práctica estructural en un 86% de los mismos y coyuntural solo en un 14% de los productores. El origen de los suplementos es: 39% propio, 25% externo y 36% de ambos orígenes.

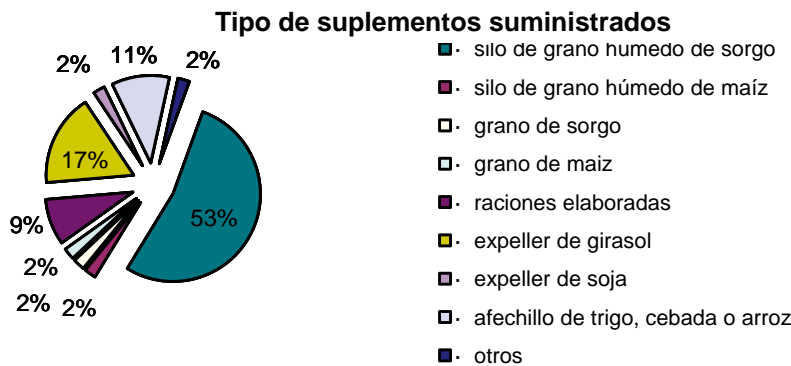
La principal fuente de aporte del suplemento suministrada es energética (57%), energética-

tica y proteica (40%) y proteica (3%), y los distintos tipos de suplementos suministrados se presentan en la **Figura 12**.

Se destaca el rol dominante de silo de grano húmedo de sorgo (53%), seguido por expeller de girasol (17%), afrechillos de trigo, cebada o arroz (11%), grano de maíz (11%) y raciones balanceadas (9%).

Cuando se les consultó a los productores por el principal objetivo del uso de este tipo de suplementos, la amplia mayoría (**Cuadro 14**) coincidió que el más importante rol de estos suplementos es aumentar la carga (63%) y la ganancia individual (25%).

Cuando se les pregunta por el segundo objetivo del uso de concentrados, vuelven a resultar las mismas respuestas, donde la más importante como segundo objetivo es aumentar la ganancia individual (53%), seguido por balancear la dieta (26%). Sumando el primer y segundo objetivo, se llega al resultado global priorizado de aumentar la carga (39%), seguidos por aumentar la ganancia individual (36%) y por balancear la dieta (11%).



**Figura 12.** Tipo de suplementos concentrados suministrados a animal por los productores.

**Cuadro 14.** Principales objetivos del uso de concentrados.

Principal objetivo del uso de concentrados (%)	
1. Aumentar la carga.	63%
2. Aumentar la ganancia individual.	25%
3. Otros.	12%

### 3.12 Información climática

El 38% de los productores considera y utiliza asiduamente la información climática para tomar decisiones en su establecimiento, 48% solo parcialmente, y 14% nunca. La información que habitualmente es priorizada, en orden de importancia, son: lluvias (62%), heladas (22%), temperatura (13%) y humedad (3%).

Las principales fuentes de información son distintas fuentes de Internet (35%), radio e información climática de INIA en Internet (24% cada uno respectivamente) y un 17% otras fuentes.

## 4. ESTRATEGIAS Y PERCEPCIONES DE LOS PRODUCTORES

Esta sección consistió en la búsqueda de estrategias y percepciones que los productores tienen a través de la elaboración de preguntas relacionadas con la visión del empresario en cuanto a los cambios que están ocurriendo en el sector y en su empresa, donde se trató de agrupar las respuestas, pero en muchas circunstancias

la opción “otros” terminó siendo utilizada para describir mejor aspectos personales y específicos.

Cuando se les preguntó a los productores sobre cuál era la principal razón de pérdida de competitividad de la ganadería, las respuestas en orden de importancia fueron: altos márgenes de la agricultura (43%), alto precio de insumos (23%) y altos valores de las rentas (13%) (**Cuadro 15**).

Cuando a los productores se les dio la opción de utilizar más de una alternativa, las razones fueron más variadas y cambiaron el orden de importancia en forma global (**Cuadro 16**). De cualquier manera siguieron dominado las respuestas de altos márgenes de agricultura (33%) y precio de los insumos (26%), pero se incluyó como tercer elemento a considerar el precio de los productos (21%), seguido por el valor de la renta (10%) y precio (8%) de la tierra.

Respecto a la pregunta efectuada sobre si la agricultura es considerada por los productores como una amenaza, oportunidad o ambas para los sistemas productivos de GIPROCAR II, las respuestas fueron muy equilibradas con 33,3% para cada opción.

**Cuadro 15.** Principales razones de pérdida de competitividad de la ganadería.

Principal razón que provoca pérdida de competitividad de la ganadería (%)	
1. Márgenes de la agricultura.	43%
2. Precio de los insumos.	23%
3. Valores de las rentas.	13%

**Cuadro 16.** Sumatoria de razones que provocan una pérdida de competitividad de la ganadería.

Razones que provocan pérdida de competitividad de la ganadería (%)	
1. Márgenes de la agricultura.	33%
2. Precio de los insumos.	26%
3. Precio de los productos.	21%
4. Valores de las rentas.	10%
5. Precio de la tierra.	8%
6. Otros.	2%

**Cuadro 17.** Principales razones que determinan que la agricultura sea una amenaza para la ganadería.

Principales razones de amenaza (%)	
1. Difícil competir con los márgenes de la misma.	48 %
2. Competencia por tierras de mejor calidad.	48 %
3. Otros.	4 %

**Cuadro 18.** Principales razones que determinan que la agricultura sea una oportunidad para la ganadería.

Principales razones de oportunidad (%)	
1. Disponibilidad de subproductos de agricultura a menor precio.	55%
2. Acceso a maquinaria y logística.	30%
3. Otros.	15%

Cuando la respuesta fue que era considerada una amenaza, las principales razones para ello se presentan en el **Cuadro 17** y cuando las respuestas se asociaban a una oportunidad, las razones para ello se describen en el **Cuadro 18**.

Cuando los productores consideraron que la agricultura era una amenaza para la ganadería, las razones dominantes para ello fueron: márgenes de la agricultura (48%) y competencia por tierras de mejor calidad (48%) (**Cuadro 17**). En cambio para el caso inverso (factor de "oportunidad"; **Cuadro 18**), las razones dominantes fueron disponibilidad de subproductos de la agricultura a menor precio (55%) y más y mejor acceso a maquinaria y logística (30%).

En la opción "otros" (15%) se mencionaron la incorporación tecnológica al sistema, de manera de incrementar la competitividad

de la ganadería, limpieza de malezas de los campos, diversificación de los ingresos, y aprovechamiento de campos no agrícolas que entran en la rotación pastoril.

Cuando se les preguntó a los productores que cambios piensan realizar dentro del establecimiento frente a los nuevos escenarios planteados para las empresas agropecuarias; el 40% coincidió en incrementar la producción de carne, mientras otros productores fueron más conservadores y pretenden seguir produciendo como lo hacen hasta ahora (21%), seguido por el incremento del área mejorada (16%) e incorporar área para cultivos agrícolas (9%). La distinción de las respuestas se muestra en el **Cuadro 19**.

Para incrementar la producción de carne, el principal aspecto tecnológico a utilizar definido por los encuestados fue el de incrementar el área mejorada, con una coincidencia del

**Cuadro 19.** Principales cambios a implantar en el establecimiento.

Cambios previstos en el establecimiento (%)	
1. Incrementar la producción de carne.	40%
2. Seguir produciendo como hasta ahora.	21%
3. Incrementar la superficie mejorada.	16%
4. Incorporar área para cultivos agrícolas.	9%
5. Otros.	14%

**Cuadro 20.** Principal aspecto tecnológico a implementar para incrementar la producción de carne.

Principal aspecto tecnológico para incrementar la producción de carne (%)	
1. Incrementar área mejorada.	45%
2. Aumentar la carga.	20%
3. Aumentar la ganancia individual.	10%
4. Encierre de novillos último periodo.	10%

45%. Un 20% prevé incrementar la producción de carne por la vía del aumento de la carga, mientras que un 10% lo hará a través del aumento de la ganancia individual o por el encierre de animales en el último período de terminación de los mismos (**Cuadro 20**).

Cuando a los productores se les permitió utilizar más de una opción para incrementar la producción de carne, las respuestas variaron levemente y surgieron otras alternativas secundarias. Las mismas se presentan en el **Cuadro 21**. El incrementar el área mejorada siguieron dominando las opciones de los productores (22%), seguidas muy de cerca por otras estrategias con un orden de importancia similar (16-12%), entre ellas (aumentar la ganancia individual, encierre de novillos en el último período, aumentar la carga e incrementar la suplementación con concentrados). Y se destaca la opción “otros” demostrando las estrategias variadas y múltiples que tendrían los productores en mente para incrementar la productividad de carne en sus establecimientos.

Respecto a la visión del negocio ganadero que tienen los encuestados para los próximos 5 años; el 34% fue optimista vislumbrando una mejoría, un 24% considera la situación se mantendrá incambiada, un 10% sostuvo que será peor, mientras que un 31% no sabe qué ocurrirá en sus empresas en los años futuros. Respecto a la opinión de los encuestados sobre la integración futura entre diferentes actores de la cadena cárnica; el 89% no cree que se logren establecer integraciones horizontales entre distintos productores, ni tampoco son optimistas en que se den integraciones verticales entre los distintos eslabones de la industria cárnica (79%).

El 90% de los encuestados considera que la trazabilidad genera una ventaja competitiva para la ganadería, en primer lugar por promover el mejor acceso a mercados futuros (47%), seguido por un mayor valor agregado (23%) y además permite una mejor gestión dentro del establecimiento (21%).

**Cuadro 21.** Principales aspectos tecnológicos a implementar para incrementar la producción de carne.

Varios aspectos tecnológicos a considerar para incrementar la producción de carne (%)	
1. Incrementar área mejorada.	22%
2. Aumentar la ganancia individual.	16%
3. Encierre de novillos último período.	14%
4. Aumentar la carga.	12%
5. Incrementar la suplementación con concentrados.	12%
6. Otros varios.	22%

En cuanto a los temas de sostenibilidad de los recursos naturales, el 97% se muestra preocupado, y las principales razones son propiamente por la pérdida de sustentabilidad a largo plazo (48%), por pérdidas de productividad de los campos (38%), seguido por el aumento de los costos (8%). A raíz de esta preocupación, los productores destacan que las acciones preventivas que llevarán adelante en sus establecimientos para evitar estos problemas son en primer lugar un uso conservacionista del suelo (45%), uso responsable de los agroquímicos (26%) e incorporación de pasturas en las rotaciones (24%).

## 5. DEMANDAS TECNOLÓGICAS

La última pregunta realizada a los productores consistió en el planteo de las mayores limitantes tecnológicas que éstos destacan en la temática “pasturas” y que deberían ser incorporadas en la agenda de investigación nacional. En el **Cuadro 22** se presenta un listado de las mismas, directa y directamente asociadas al tema pasturas, y que fueron destacadas por ser las más nombradas por los productores y a su vez separadas por grupos de temas (pasturas cultivadas, mejoramientos de campo, campo natural y otros)

**Cuadro 22.** Principales limitantes tecnológicas que deben ser investigadas en pasturas y temática pasturas.

Principales limitantes tecnológicas que deben ser investigadas en las temáticas pasturas	
<p><b>Pasturas Cultivadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Especies forrajeras mejoradas para pasar de 3 a 6 años de duración, adaptabilidad, productividad, manejo del pastoreo, persistencia y producción de semilla.</i></li> <li>• <i>Conocimiento de la producción de pasturas a nivel comercial en cuanto a producción física y resultados económicos para distintas zonas del País, particularmente en los suelos más marginales donde se está concentrando la ganadería.</i></li> <li>• <i>Información está disponible y al alcance de los productores, el problema está en la adopción. Mayor difusión de la tecnología disponible que permita una mejor adopción de la misma.</i></li> <li>• <i>Investigar nuevas especies que se adapten a situaciones más agresivas del clima por consecuencia del cambio climático.</i></li> <li>• <i>Sistemas de riego en pasturas, como implementarlo, y los resultados productivos y económicos en aumento de productividad.</i></li> <li>• <i>Información sobre niveles de fósforo en el suelo y respuestas potenciales.</i></li> <li>• <i>Análisis del equilibrio de uso de insumos y resultado económico.</i></li> </ul>	
<p><b>Mejoramiento de Campo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Desarrollo de especies forrajeras mejoradas para mejoramientos de campo; adaptabilidad, productividad, manejo del pastoreo, persistencia y producción de semilla.</i></li> </ul>	
<p><b>Campo Natural (CN)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Manejo y fertilización del campo natural (CN), para que se pueda potencializar su utilización en distintos tipos de suelos.</i></li> <li>• <i>Estudio sobre especies que se pueden incorporar al CN, sin necesariamente sustituir totalmente las que tenemos.</i></li> </ul>	
<p><b>General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Profundizar el modelo “GIPROCAR II”, tiene todos los aspectos claves en la investigación de pasturas (productividad, promoción, y utilización, sistemas comerciales, etc.).</i></li> <li>• <i>Estudio de propiedades físicas y químicas del suelo y evolución en el largo plazo.</i></li> <li>• <i>Agricultura continúa y su sustentabilidad en largo plazo sobres recurso suelo.</i></li> <li>• <i>Validación de la curva de crecimiento de los animales de recría sobre corral y su efecto en la invernada.</i></li> <li>• <i>Estudio de otros nutrientes en el suelo más allá de fósforo y nitrógeno.</i></li> </ul>	

## 6. COMENTARIOS FINALES

Los productores de GIPROCAR II se destacan por la productividad y ganancias individuales logradas en comparación con el promedio de la ganadería nacional y la invernada en particular. Ello, tiene implicancias directas en la encuesta realizada y los resultados e interpretación de la misma, y sirven para analizar y desarrollar temas tecnológicos que puedan ser de utilidad para otros productores que deseen recorrer un camino tecnológico determinado para incrementar productividad e ingreso así como también a los institutos de investigación para identificar y priorizar demandas tecnológicas (actuales y futuras) y adicionalmente estudiar a nivel comercial problemas asociados a la adopción y utilización eficiente de las tecnologías propuestas por las instituciones de investigación nacional.

En general de la encuesta realizada, y su componente tecnológico, se destacan:

- Las rotaciones agrícolas-ganaderas que realizan aproximadamente el 50% sin la inclusión de pasturas, y las que predominan individualmente son realizadas con dos cultivos de verano con uno o dos de invierno sin pradera (34%), y le siguen similares rotaciones pero con pasturas (28%).
- De las rotaciones forrajeras analizadas, las que predominan son las combinaciones de cultivos invernales y estivales con praderas (54%), pero las restantes son solo combinaciones de verdeos de invierno con los de verano. Las rotaciones individuales mayoritarias son: cultivos de invierno y verano sin pradera (38,5%), y dos o un verdeos de invierno con uno de verano con pradera (30,8%) y un verdeo de invierno con pradera (23,1%).
- Entre el 72 y 80% de los productores no respetan los fundamentos estrictamente de las rotaciones planificadas.
- Dentro de las principales causas de por qué las praderas permanentes se roturan antes de lo previsto, se señala que la producción forrajera de la pastura no está acorde a la edad de la misma (45,5%) y para incrementar la participación de la agricultura (34,1%).
- La semilla utilizada en las siembras de praderas (51%) y verdeos (37%) es de origen propio, la restante proviene principalmente de empresas semilleras.
- El 80% de los productores exige controles de calidad de semilla.
- La elección de las especies forrajeras a implantar está determinada principalmente por la adaptación de especies a la zona de producción (52%) y por la elección de especies con mayor productividad por ha. (27%).
- En el proceso de elección de las variedades forrajeras, los criterios fundamentales definidos por los productores son las recomendaciones de INASE-INIA (23%) y variedades promovidas por empresas privadas (19%).
- Según los criterios técnicos utilizados por este equipo de trabajo en el manejo agronómico (densidad y fertilización a la siembra, siembra directa, control de malezas y refertilización) de avena, raigrás y praderas convencionales, las mayores áreas de mejora son densidad de siembra y refertilizaciones, principalmente en verdeos y en menor proporción en pasturas convencionales.
- Se consultó sobre la persistencia de las pasturas y los productores encuestados coincidieron en este es un problema importante o muy importante (74%) en sus predios. La duración promedio de las pasturas implantadas (praderas) es de 2,9 años. Cuando se



les preguntó a los productores cuáles eran las principales causas que determinan problemas de persistencia, se destacó el factor climático (36%; sequías), y con valores menores (rango de 10 -14%), a los factores asociados a enmalezamiento, sobrepastoreo y producción en zonas marginales. La mala implantación y los niveles limitantes de nutrientes son de menor valor relativo (7-8%).

- En cuanto a las principales malezas problema presentes en las praderas predominaron los cardos, senecio y biznaga (47%).
- De los productores encuestados ninguno disponía de un sistema de riego para suplementar con agua sus pasturas.
- Cuando se preguntó sobre la frecuencia de las refertilizaciones, las mismas también variaron con el tipo de pasturas; verdes de invierno (54% refertiliza solo una vez en el ciclo del cultivo), verdes de verano (56% no refertiliza), praderas permanentes y mejoramientos (85-86% refertiliza).
- El 71% de los productores respondieron que hacen muestreos regularmente de análisis de suelo.
- El 93,3% de los productores realizan presupuestaciones forrajeras. El 77% declara que las presupuestaciones forrajeras son realizadas con el asesor en donde la principal fuente de información es proveniente de una base de FUCREA, o información propia de años anteriores. Cuando se les consultó sobre qué opinan de la efectividad de dichas presupuestaciones realizadas, las respuestas fueron contundentes en que las mismas sobreestiman la capacidad del campo, siendo el factor climático (71%) el determinante de la misma.
- En cuanto al manejo del pastoreo, los productores estiman la materia seca por hectárea disponible al inicio (42%) y pos (77%) pastoreo. Mayoritariamente la estimación es visual o vía altura de la pastura, particularmente pos pastoreo.
- El 90% de los productores utilizó reservas forrajeras de origen fibroso en la alimentación de su ganado, siendo el origen fundamentalmente propio (93%) y el tipo de voluminoso suministrado corresponde mayormente a fardos de praderas y rastrojos de cultivos de invierno (68%). El principal objetivo del uso de estos voluminosos fué para el ajuste de carga (71%).
- El 93% de los productores suplementó sus animales con alimentos concentrados y su uso es una práctica estructural (86%). La principal fuente de aporte del suplemento suministrada es energética (57%) y energética y proteica (40%). Como fuente de concentrados se destaca el rol dominante de silo de grano húmedo de sorgo (53%) y expeller de girasol (17%). El rol principal de estos suplementos es aumentar la carga (63%) y la ganancia individual (25%).
- El 38% de los productores considera y utiliza asiduamente la información climática para tomar decisiones en su establecimiento. La información que habitualmente es priorizada es lluvias (62%) y heladas (22%). Las principales fuentes de información son distintas fuentes de Internet (35%), radio e información climática de INIA en Internet (24% cada uno respectivamente).

Con respecto a las visiones y percepciones tecnológicas, se señala que:

- Las principales razones de pérdida de competitividad de la ganadería son los altos márgenes de la agricultura (43%), alto precio de insumos (23%) y altos



valores de las rentas (13%). El avance de la agricultura es considerado en iguales términos (33,3%) como una amenaza, oportunidad o ambas para los sistemas productivos de GIPROCAR II. Cuando la visión era que esta construía una amenaza, esta se asociaba a los altos márgenes de la agricultura (48%) y competencia por tierras de mejor calidad (48%). En cambio para el caso cuando se consideraba como una oportunidad, las razones dominantes fueron disponibilidad de subproductos de la agricultura a menor precio (55%) y más y mejor acceso a maquinaria y logística (30%).

- Los principales cambios que piensan hacer los productores dentro del establecimiento serán: incrementar la producción de carne (40%), seguir produciendo como lo hacen hasta ahora (21%), incremento del área mejorada (16%) e incorporar área para cultivos agrícolas (9%). Para incrementar la producción de carne, los productores piensan aumentar el área mejorada (45%), la carga (20%) y/o aumento de la ganancia individual (10%) o por el encierre de animales (10%).
- Respecto a la visión del negocio ganadero que tienen los encuestados para los próximos 5 años; 34% espera una mejoría, 24% se mantendrá incambiado y 10% espera que empeore.
- En el futuro los productores no ven crecimiento de integraciones horizontales entre productores (89%) o entre productores e industria (79%).
- Las trazabilidad es vista para la mayoría de los encuestados (90%) como una ventaja competitiva para la ganadería, debido principalmente al mejor acceso a mercados futuros (47%), mayor valor agregado (23%) y mejor gestión dentro del establecimiento (21%).
- Al 97% de los productores les preocupa la sustentabilidad de los recursos natu-

rales, debido a pérdidas de sustentabilidad a largo plazo (48%), pérdidas de productividad de los campos (38%) y aumento de los costos (8%). Las acciones preventivas serían: uso conservacionista del suelo (45%), uso responsable de los agroquímicos (26%) e incorporación de pasturas en las rotaciones (24%).

Finalmente, las demandas tecnológicas para la investigación nacional se concentran principalmente en:

- a) Pasturas cultivadas: 1) Mejora de la persistencia y productividad de las pasturas, particularmente en suelos más marginales de producción, 2) Evaluar a nivel comercial paquete tecnológico, 3) Mayor y mejor difusión de la tecnología generada, 4) generar opciones forrajeras adaptadas al cambio climático, y 5) riego en pasturas, 6) respuesta al fósforo y 7) herramientas de análisis de punto de equilibrio entre niveles de fertilización y resultado productivo y económico.
- b) Mejoramientos de campo: desarrollo de especies forrajeras mejoradas.
- c) Campo natural (CN): 1) Manejo y fertilización y 2) generación de nuevas especies sin perder variabilidad genética.
- d) General: 1) Replicar y profundizar el modelo GIPROCAR II en la investigación y transferencia de tecnología de pasturas, 2) Estudios de largo plazo en el recurso suelo por efecto de agricultura continua u otras prácticas intensivas, y 3) Validación de curvas de crecimiento animal, y 4) Estudio de dinámica de nutrientes en el suelo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**Carámbula, M.** 2003. Pasturas y Forrajes. Insumos, implantación y manejo de pasturas. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. 371p.

**Crempien, C.** 1983. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación

en establecimientos ganaderos, Ed. Hemisferio Sur, Montevideo, 72p.

**Forrajeras, Catálogo de cultivares.** 2010. NIA Uruguay.131p.

**Ganguli, A.C., Vermeire, L.T., Mitchell, R. B. and Wallace, M. C.** 2000. Comparison of four non-destructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plains. *Agronomy Journal*, 92: 1211 – 1215.

**Hodgson, J.** 1990: "Grazing management. Science into Practice", Longman Handbooks in Agriculture, 201p.

**Leborgne, R.** 1983. "Antecedentes y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros", Ed. Hemisferio Sur, Montevideo, 54p.

**Montossi, F.; Berretta, E.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Bemhaja, M.; San Julián, R.; Risso, D.; y Mieres, J.** 1998. Estudios de selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto. En: Seminario sobre actualización de tecnologías para el basalto, INIA, Serie Técnica 102, pp.257-285.

**NRC.** 1996. Nutrient requirements for beef cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.

**Plan Agropecuario** 2008. Programa de monitoreo de las empresas ganaderas. Ejercicio 2007-2008 y evolución desde 2001-2002. Disponible en\_ [http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/monitoreos/10\\_11.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/monitoreos/10_11.pdf)

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Criterios para el procesamiento de registros de las empresas integrantes del GIPROCAR II (litoral y centro).

Superficie de pastoreo (SPG): Comprende la superficie promedio anual asignada al pastoreo, incluyendo los desperdicios de chacra.

- La SPG se calcula mensualmente con el registro de uso mensual del suelo.
- La superficie de pastoreo trimestral se calcula como el promedio de la SPG mensual de los tres meses correspondientes al trimestre (o estaciones).
- La superficie de pastoreo anual se calcula como el promedio de las SPG trimestrales.
- Trimestre 1 (Invierno): 1/7 al 30/9; Trimestre 2 (Primavera): 1/10 al 31/12; Trimestre 3 (Verano): 1/1 al 1/4; Trimestre 4 (Otoño): 1/4 al 30/6)
- Se incluyen en la SPG los rastrojos de cultivos que son pastoreados, los desperdicios de chacra, los barbechos para la implantación de pasturas, cultivos doble propósito en el período que éstos son pastoreados y el área reservada para heno, inclusive cultivos realizados con este fin .
- Se excluye de la SPG la superficie agrícola y la cerrada para semilla fina desde el momento de cierre.
- No se considera SPG el área ocupada por ganado a pastoreo fuera del predio.

Superficie mejorada: Corresponde a las áreas efectivas de cada potrero que recibieron algún tipo de mejoras (praderas, coberturas), para su utilización con fines forrajeros.

Praderas: Es el promedio mensual del área ocupada por praderas expresado en relación porcentual a la SPG promedio. En el ejercicio es el promedio del indicador expresado en los 4 trimestres.

Verdeos de invierno: En el trimestre se calcula de la misma forma que la superficie de praderas. En el ejercicio es el promedio de la superficie sembrada con verdeos de invierno en dos momentos del año (1/4 y 1/7) expresado en relación porcentual a la SPG promedio.

Verdeos de verano: En el trimestre se calcula de la misma forma que la superficie de praderas. En el ejercicio es la superficie sembrada con verdeos de verano al 1º de enero expresada en relación porcentual a la SPG promedio.

# CAPÍTULO III

## ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DE GIPROCAR II: AJUSTE DEL “RISING PLATE METER” PARA LAS CONDICIONES DE URUGUAY

María Isabel Pravia<sup>1</sup>, Fabio Montossi<sup>2</sup>, Daniel Gutiérrez<sup>3</sup>, Walter Ayala<sup>4</sup>, Bernardo Andregnette<sup>5</sup>, Gonzalo Invernizzi<sup>6</sup>, y Virginia Porcile<sup>7</sup>

### 1. INTRODUCCIÓN

El concepto de “Ganadería e Invernada de Precisión”, lleva implícito la planificación y el uso integrado de los recursos de una manera sostenible. Ello involucra, entre otros, el uso combinado y sinérgico de recursos generales (suelo, planta, suplemento, animal, recursos humanos, infraestructura, operacionales, etc.), direccionamiento empresarial (sistema de producción-mercado), gerenciamiento de todos los recursos disponibles, y en particular la gestión del conocimiento (capacidades y destrezas de los RRHH) (Montossi *et al.*, 2011).

En este contexto, el uso adecuado del recurso forrajero es clave en la competitividad del sector, ya que la ganadería de nuestro país se desarrolla mayormente sobre una base pastoril. Por esta razón, el manejo eficiente en el corto y largo plazo del recurso forrajero es fundamental para generar competitividad. Sin embargo, como lo muestra la información generada en la encuesta tecnológica del GIPROCAR II, solo un 42% de los productores estima la disponibilidad de materia seca por unidad de superficie o lo realizan a través de una estimación esencialmente “visual” del forraje que disponen para alimentar a sus animales y para manejar correctamente la base forrajera (Pravia *et al.*, en esta publicación). Esta realidad puede hacerse aún más

restrictiva si se la extrapola a toda la ganadería del país, donde la producción animal es más extensiva.

La estimación visual de la disponibilidad de materia seca, sin el uso de una base objetiva de comparación y referencia y sin entrenamiento en la medición de la misma, puede inducir al error en el manejo adecuado de diferentes opciones forrajeras a lo largo de las diferentes estaciones del año, afectando así la productividad y persistencia del recurso forrajero y adicionalmente no generando una adecuada estimación de la capacidad de carga animal del sistema productivo y de la ganancia esperada, afectando así también negativamente al componente animal. Los efectos de una inapropiada estimación del forraje disponible tienen de hecho efectos negativos en la productividad e ingreso económico del sistema productivo.

Este es un punto de mejora para el desarrollo de una ganadería de precisión y competitiva y requiere de disponer de herramientas de bajo costo, fáciles de manejar y con un alto grado de precisión que permitan estimar la disponibilidad de forraje a nivel de predios comerciales. Estas deben contemplar la variabilidad de los sistemas reales de producción, entre otros, diferentes opciones forrajeras y estaciones del año.

<sup>1</sup> Ing. Agr. FUCREA/INIA. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA

<sup>2</sup> Ing. Agr. PhD. Responsable por INIA – GIPROCAR II y Director Programa Nacional de Carne y Lana, INIA

<sup>3</sup> Ing. Agr. FUCREA/INIA. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA

<sup>4</sup> Ing. Agr. PhD. Director Regional, INIA Treinta y Tres

<sup>5</sup> Ing. Agr. Responsable por FUCREA – GIPROCAR II

<sup>6</sup> Ing. Agr. FUCREA/INIA – GIPROCAR II

<sup>7</sup> Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA Tacuarembó.

En ese sentido, este trabajo plantea la evaluación de una herramienta objetiva de estimación de la disponibilidad de forraje en pasturas del Uruguay, que se denomina "Rising Plate Meter" (RPM, siendo su traducción al español de medidor de disco ó plato de levante). Para esta calibración, fueron utilizadas las combinaciones de pasturas, especies y variedades más representativas de las cadenas forrajeras que usan los productores de GIPROCAR II.

## 2. ANTECEDENTES

Las mediciones de disponibilidad de materia seca (MS) son esenciales para determinar la carga y ganancia animal de un sistema productivo, la productividad de las pasturas, y para evaluar distintas estrategias de manejo de pasturas y animales (Mannetje, 2000).

Para realizar una correcta estimación de la disponibilidad de forraje, es necesario contar con métodos de medición que sean precisos, ya que cualquier error en la misma implica pérdidas productivas y económicas para el sistema de producción (Sanderson *et al.*, 2001).

La disponibilidad de forraje es uno de los atributos más importantes para evaluar un recurso forrajero, donde la cantidad de biomasa vegetal disponible es muy dinámica y cambia permanentemente en función del crecimiento, senescencia, consumo por parte de los animales, de allí, que su estimación sólo es válida para el momento en que se determina.

La fitomasa, o materia seca disponible, es definida por Hodgson (1990) como la cantidad total de forraje que existe por unidad de superficie, medida por corte a nivel del suelo o a un nivel de referencia que debe ser explicitado, lo cual normalmente se expresa en kg MS/ha. Ésta puede ser estimada por diferentes métodos: directos o destructivos en los cuales se realiza corte y pesada del forraje, o métodos indirectos o no destructivos en los cuales se estima en base a otros parámetros de la pastura (altura, densidad, capacitancia electrónica, etc.).

Tradicionalmente, la estimación de la materia seca (MS) disponible se realizó a partir de recolección a mano o mecánica de forraje cortado en un área conocida por el uso de un rectángulo de corte. A pesar de que este método es muy preciso, requiere bastante tiempo en el proceso de medición, va acompañado de técnicas de laboratorio laboriosas y demanda de un muestreo intenso para obtener estimaciones confiables (Ganguli *et al.*, 2000).

Durante los últimos 70 años, varios métodos indirectos no destructivos se han propuesto y evaluado para la estimación de la masa de forraje (Catchpole y Wheeler, 1992; Lucas y Thomson, 1994, citados por López y González, 2012).

Varias técnicas de medición in situ han surgido como alternativas de más fácil y rápida aplicación para el manejo del pastoreo en la producción comercial. Estos métodos se basan en desarrollar una regresión (estimador) entre la materia seca disponible y la variable de predicción como la altura de la planta, área de hoja, densidad de la vegetación, edad, cobertura, o estimación visual (Sanderson *et al.*, 2001 y Cochran, 1977, citados por Ganguli *et al.*, 2000).

A continuación se presenta una breve reseña de los métodos disponibles para la estimación de la materia seca y se profundiza particularmente en el método que utiliza el "Rising Plate Meter" (RPM).

## 3. HERRAMIENTAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE FORRAJE EN PASTURAS

Existen distintos métodos para la estimación de la fitomasa por unidad de suelo y los mismos se pueden clasificar en métodos directos o indirectos según si implican la destrucción o invasión de la pastura, o si son predecibles de acuerdo a otros indicadores. Varios autores realizan una revisión de los mismos haciendo comparaciones sobre las ventajas y desventajas de los distintos métodos y su

aplicabilidad a las diversas situaciones (Cangiano, 1996; Saavedra, 2002; Michalk y Herbert, 1977; Sanderson *et al.*, 2001; López y Gonzales, 2012).

### 3.1. Métodos directos

#### 3.1.1 Método de corte

Tradicionalmente, se han utilizado las estimaciones basadas en la recolección de muestras de cuadrantes de forma manual o mecánica para estimar la masa de forraje. El método de corte y pesada del forraje consiste en realizar una serie de cortes en la pastura en lugares representativos de la parcela donde pastorean los animales. Los lugares de cortes deben ser elegidos al azar y no deben poseer malezas leñosas. El número de muestras dependerá de la heterogeneidad de la pastura. El material cortado se pesa en verde, seguidamente se coloca en bolsas de papel y se secan en una estufa de aire forzado a 100° por 24 horas o 60°C por 48 horas para finalmente pesar este material en seco en una balanza de precisión.

En forma general, el método de corte se aplica como método de referencia, ya que es el método más preciso (Cangiano, 1996). Es utilizado para comparar la cantidad de materia seca real con algún otro método estimativo, no destructivo. Sin embargo no resulta práctico para situaciones de pastoreo, ya que requiere mayor trabajo, no permite estimar la disponibilidad de forraje in situ, es costoso, requiere mucho tiempo y puede requerir numerosas muestras para obtener estimaciones fiables (Brummer *et al.*, 1994, citados por López y González, 2012).

#### 3.1.2. Método de doble muestreo

Una alternativa a los métodos directos, es el método de doble muestreo desarrollado por Haydock y Shaw (1975), que es comúnmente utilizado por los investigadores para aumentar la precisión de las estimaciones y reducir al mínimo la cantidad de trabajo (Sanderson *et al.*, 2001).

Este método requiere de un muestreo destructivo en primera instancia para desarrollar una relación predictiva con algún método indirecto. Una vez que se ha establecido una ecuación de asociación entre la disponibilidad de materia seca de determinada pastura y su medida indirecta, prácticamente no es necesario realizar el muestro por corte, únicamente en el caso de validaciones o recalibraciones del método que se está utilizando (Ganguli, 2000).

Estos métodos se basan en el desarrollo de relaciones de regresión de cultivo en pie a los valores predictivos, tales como altura de plantas, área foliar, densidad de la vegetación, edad, cobertura, obstrucción visual o remoto detección de datos (Cochran, 1977). Sin embargo estas estimaciones generalmente se asocian con un moderado a alto error experimental, porque las relaciones entre la producción y variables de pasto dependen de numerosos factores que pueden interactuar mutuamente.

### 3.2. Métodos indirectos

Las técnicas de muestreo indirectas o no destructivas se basan en estimaciones visuales, la medición de la altura y/o densidad del forraje. Aunque el término no destructivo implica que la pastura no es sometida a corte, estas técnicas requieren del uso de cortes para la calibración continua de estas para obtener ecuaciones de regresión actualizadas y una mayor precisión para cada situación. Las ventajas de estos métodos es que son generalmente más económicos, más prácticos y rápidos, ya que no requieren del corte, recolección de muestras y pesaje posterior así como el uso intensivo de mano de obra. Las desventajas es que son menos precisos que el sistema de corte y requieren del entrenamiento del personal que usa estas técnicas y de la calibración de estas herramientas predictivas para adaptarse a situaciones cambiantes. Sanderson *et al.* (2001) realizaron un estudio en donde encontraron que estas técnicas tienen un error de estimación que varió desde 26 a 33%. La calibración debe ser realizada con cierta frecuencia ya que la



precisión de las estimaciones puede verse afectada por muchos factores tales como: la densidad y el estado de crecimiento de plantas (Mosquera *et al.*, 1991), la estación (Phillips y Clarke, 1971; Powell, 1974; Vartha y Partidos, 1977; Bransby *et al.*, 1977), la composición de especies de la pradera (Castillo, 1976) y la gestión (Powell, 1974), citados por López y González (2012). Diversos métodos de calibración han sido desarrollados, entre ellos la validación cruzada en donde se comparan los distintos métodos y son validados entre ellos (Rayburn *et al.*, 2007).

### 3.2.1. Estimación visual

Los métodos tradicionales como la estimación visual (Baars y Dyson, 1981), son en general satisfactorios para pastizales, pero, como se informó por Tucker (1980), son sensibles a las variaciones entre los observadores y no es un método cuantitativo.

En este caso, la estimación de la disponibilidad de materia seca se realiza a través de la estimación visual y requiere de un entrenamiento específico y aún así están muy sujetas a la subjetividad personal. El evaluador debe valorar e integrar la densidad, cobertura, contenido de MS, relaciones tallo/hoja, proporción vivo/muerto y composición botánica para poder hacer una composición integral de los distintos factores. Esta técnica requiere de personal entrenado, aún así pueden presentar errores de sobrestimación de altura, o subestimación de los efectos de densidad (Cangiano, 2002; Fernández, 2004).

### 3.2.2. Altura de regla

Dentro de los métodos indirectos de estimar la materia seca disponible, uno de los más empleados es la altura del forraje. La altura es normalmente medida usando una escala o regla graduada. Dado que existe una estrecha relación entre la altura y la disponibilidad de la pastura, se han desarrollado una serie de ecuaciones que integran estas dos variables. Dichas ecuaciones se calculan realizando una regresión lineal entre la fitomasa estimada por el método de corte del

forraje y el promedio de mediciones de la altura de la pastura dentro de cada rectángulo de corte.

Varios trabajos nacionales demuestran una asociación con la disponibilidad de forraje con la altura de la regla en donde se presentan las ecuaciones de regresión (Silveira, 2009).

Una ventaja de este método que incluye la altura es que es independiente del observador, y por lo tanto pueden ser utilizadas en distintos sitios. Sin embargo, en un estudio de comparación de distintas alternativas de estimación de materia seca y validación cruzada desarrollado por Rayburn *et al.* (2007) el método de la regla fue muy bueno cuando era llevado adelante por un mismo observador, pero incrementaba el error al cambiar de operador. No obstante, cuando se utilizan en experimentación, el método debe ser calibrado con frecuencia ya que la medición es sensible al error debido a la diferencias en la estructura de las pasturas, la intensidad de pisoteo, la composición botánica, la época y manejo del pastoreo (Dowdeswell, 1998).

El inconveniente de este método, es que las ecuaciones de relación no pueden ser extrapoladas a regiones, condiciones o pasturas diferentes a las cuales fueron calculadas. A modo de ejemplo, Montossi *et al.* (1998) presentaron para la región de Basalto de Uruguay, una serie de ecuaciones para estimar la fitomasa del campo natural, campo natural fertilizado y campo natural mejorado con valores de predicción, pero éstos destacan que estas ecuaciones no pueden ser extrapoladas a otras comunidades vegetales dominadas por otras especies, particularmente gramíneas.

### 2.2.3. Capacitancia electrónica o bastón medidor

Este método se basa en uso del diferencial dieléctrico que se produce entre el aire y el forraje. Los cambios en capacitancia provocados por el reemplazo de aire por forraje bajo el cabezal medidor permiten establecer

una relación entre capacitancia y disponibilidad de forraje (Curie *et al.*, 1987). No obstante, Murphy *et al.* (1995), encontraron que las lecturas se ven afectadas por las variaciones de humedad en el forraje, donde la presencia de material muerto de la pastura afecta esta asociación y determina que este no sea un método exacto durante o inmediatamente después de lluvia.

La calibración de este instrumento fue hecha en Nueva Zelanda, aunque ecuaciones universales no son adecuadas por la variación existente entre las praderas, entre climas y manejos (Frame, 1993, citado por Sanderson, 2001). A nivel nacional, Burgueño (1997ab) realizó varios trabajos sobre este instrumento como predictor de MS para la estación de invierno y en primavera concluyendo que fue imprescindible tener un gran número de medidas para obtener buenas estimaciones promedio, a la vez de que las mismas se comportan de forma diferencial ante las distintas pasturas.

#### **2.2.4. Medidor de disco de levante (Rising Plate Meter)**

El disco o plato de levante o Rising Plate Meter (RPM) es un instrumento que integra la altura de forraje y la densidad de la pastura en una única medida, por ello es denominada "altura del forraje comprimido" (Michalk y Herbert, 1977). Hay varios tipos de discos descritos en la bibliografía (Rayburn y Lozier, 2003).

El principio de este método es que la biomasa de una pastura podría estar relacionada con la densidad y la altura de sus componentes individuales (Mannetje, 2000), las cuales podrían ser medidas con el RPM. Estos dispositivos reciben una variedad de nombres. En general, consisten en un disco rígido o placa, normalmente de 0,3 a 0,8 m de diámetro, con un orificio central que aloja una varilla marcada en incrementos a lo largo de su longitud. Un mango fijado al centro del disco, alrededor de la varilla central, permite que el disco se deslice perpendicularmente a lo largo de la varilla de acuerdo a la altura

y densidad de la pastura, mientras que la varilla central queda en contacto con la tierra. La altura de la placa acumulada y el número de observaciones son manualmente o automáticamente registrados en contadores, lo que permite una captura muy rápida de datos (Sharrow, 1984; Griggs y Stringer, 1988, citados por López-Guerrero, 2005).

Al igual que los demás métodos debe ser calibrado para cada situación forrajera. Una vez conocida la relación entre la altura de forraje comprimida y la materia seca disponible, la medición en el campo mediante el aparato permite conocer una estimación del forraje disponible. Este método va a ser ampliamente desarrollado en el siguiente capítulo.

Este método ha sido ampliamente utilizado en Nueva Zelanda para la predicción de forraje como para la estimación de crecimiento de las pasturas (Research and Development Brief, 2008).

#### **2.2.5. Estimación por métodos satelitales**

Actualmente se están evaluando nuevas tecnologías de información, como sensores remotos e información geográfica satelital como herramientas para estimar la cobertura de forraje a tiempo real en grandes extensiones de territorio y a bajo costo. Esta estimación se basa en índices espectrales que captan el desempeño fotosintético de la vegetación o irradiancia espectral reflejada por la cubierta verde de las pasturas. Esta reflectancia de radiación se ve afectada por el índice de área foliar (IAF), que está relacionada con la cobertura vegetal, la cual puede utilizarse como una medida de la biomasa total de forraje. Este IAF puede ser estimado por la medición de la transmisión de luz dentro de soportes mediante un fotómetro. El más usado de estos índices es el Índice de Vegetación Normalizado (IVN), calculado a partir de la reflectancia en las porciones roja (R) e infrarroja (IR) del espectro electromagnético. Convertir la información espectral en estimaciones de disponibilidad de forraje requiere la calibración de modelos que relacionen los índices

de vegetación con la información de biomasa calculada a campo (Baeza *et al.*, 2011). Hay varios trabajos en estos temas (Grigera *et al.*, 2007; Flynn *et al.* 2008; Baeza *et al.*, 2011, entre otros), pero la información es aún incipiente y requiere de calibraciones para los distintos ambientes.

#### 4. RISING PLATE METER: DESCRIPCIÓN Y USO DEL EQUIPAMIENTO

##### 4.1. Introducción

El disco de levante o RPM, es una herramienta ampliamente utilizada en Nueva Zelanda para medir de forma indirecta la materia seca disponible en el campo. La principal ventaja de este método es la practicidad y facilidad con que los productores y/o técnicos pueden disponer de la estimación de forraje disponible in situ, elemento esencial para tomar decisiones de manejo animal y pastoril, así como realizar presupuestaciones forrajeras confiables.

##### 4.2. Descripción del Rising Plate Meter

Para la descripción del equipo, así como las recomendaciones de uso, se tomó como referencia el Manual del Rising Plate Meter (FarmWorks, 2008).

El Rising Plate Meter consiste en un bastón de metal, con un disco o placa móvil que se mueve sobre el eje central. Este contiene un contador electrónico, que registra el mo-



Figura 1. Representación esquemática del RPM.

vimiento del eje negro hacia arriba y abajo respecto al eje de metal (o la altura a que se refiere a menudo como los “clicks”). El eje de metal está graduado en ranuras 0.5 cm. También contabiliza el número de mediciones realizadas (plonks) (Figura 1).

##### 4.3. ¿Cómo operar el contador electrónico?

###### 4.3.1. Operación de encendido y apagado del equipo.

El contador electrónico se prende y apaga utilizando la perilla que se encuentra detrás de la unidad de lectura (Esquema Figura 2). La opción “Apagado” es con la perilla en la posición hacia arriba y cuando está apagado no se muestra ningún número en la pantalla.



Figura 2. Dispositivo electrónico del RPM.



### 4.3.2. Parte frontal visible y botones de mando

Hay dos botones en el frente en dispositivo electrónico del RPM, denominados: "Avg/Reset" y "Count" (ver Esquema 2).

Cuando se prende el dispositivo con la llave posterior, la pantalla muestra el número de modelo e inmediatamente aparece la altura total comprimida de la pastura con una definición de 0.5 centímetros. Se destaca que cada "click" es equivalente a 0.5 cm. En el caso de que quede poca batería, se va a escuchar 3 sonidos de alerta y un tintineo en la pantalla diciendo "Low" refiriéndose a que queda poca batería.

A continuación se destacan algunos elementos que hacen al uso eficiente de este equipo:

- Cuando se presiona el botón "Count", en la pantalla se muestra el número de lecturas y aparece una "c" del lado izquierdo, mientras que el número de lecturas aparece a la derecha de la pantalla. Luego de 2 segundos vuelve a aparecer la altura total en la pantalla.
- La cobertura de forraje promedio de la pastura que se esté midiendo es mostrada al presionar el botón "Avg/Reset". Luego de 2 segundos vuelve a mostrar la altura total en la pantalla.
- El botón "Reset" es utilizado para comenzar con la numeración nuevamente. Este paso se toma normalmente al final de la medición de un potrero en particular. Para apagar el equipo se debe mantener presionado el botón de "Avg/Reset" por un periodo de 3 segundos. El contador emitirá dos sonidos para avisar que el proceso ha culminado.

### 4.3.3. Opciones para el comienzo, previo a la toma de registros

Se debe planificar el proceso de medición previo al comienzo del mismo. Ello es mejor realizarlo antes de salir del punto de partida

que se eligió para realizar un recorrido de medición con RPM en un potrero dado.

#### 4.3.3.1. Calibración a cero

El contador que posee el RPM debe ser calibrado para asegurarse que el plato está midiendo con la precisión adecuada. Esto requiere establecer un nivel de base cero, para que las mediciones se refieran a este punto base. Si el contador no vuelve a cero después de cada medida o muestra ("plonk"), no va a registrar la medida y el contador no va a emitir el sonido correspondiente.

Si el contador es removido del tubo negro o si recibe un golpe severo que lo mueva de la ranura del eje de acero puede hacer que se pierda la calibración. En ese caso debe ser apagado y volverse a prender.

Para calibrar a cero el disco se deben realizar los pasos siguientes:

- Asegúrese que el plato no esté apoyado en el suelo y que la perilla esté en la opción de apagado.
- Mantener pulsado el botón "Count" mientras prende la unidad con la perilla para ello. En la pantalla se mostrara "CAL" y ":0" o posiblemente algún otro número distinto a cero.
- Cuando está correctamente calibrado, el último dígito debe parpadear entre 0 y 1. Si no lo hace, gire el mango de acero (que ocupa la rueda dentada en la parte de atrás del dispositivo) con un destornillador. Este es el potenciómetro, que registra el movimiento del eje de acero. Al moverlo, se verá que los números aumentado o decreciendo. Se debe ajustar la lectura hasta que el último dígito parpadee entre 0 y 1.
- Luego de que se haya establecido el cero, extienda la placa y compruebe que se registre 50, este valor es 50 veces mayor que el valor mínimo de 0.5 cm. El valor de 50 representa la máxima altura

posible de registrar con este equipo. Este proceso confirma la exactitud de la medición.

- Una vez finalizado con esta calibración, se debe apagar la unidad y luego prenderla.
- Se debe testear la calibración de cero levantando la placa varias veces. Debería hacer un sonido y mostrar la altura en la pantalla cuando la placa cae. Si no lo hace, se deben repetir los pasos anteriores y apagar/prender.
- Si la calibración falla entonces, puede ser que el potenciómetro, que lo impulsa la cremallera este defectuoso y probablemente será necesario reemplazarlo. Esto puede ocurrir con un desgaste excesivo a menudo agravado por el polvo y la suciedad seca que entra en los engranajes de rodamiento.

#### 4.4. ¿Cómo tomar las medidas de RPM en el potrero?

Es recomendable que tome una libreta para realizar para documentar la información del proceso de registración así como poderle hacer un seguimiento a la misma. También se puede escribir previamente a realizar las mediciones, el número o nombre del potrero en que va a hacer la registración por medio de su recorrido en las zonas más representativas. De este modo, ello permitirá recordar la altura/cobertura promedio de cada potrero para más tarde realizar los cálculos estimativos de disponibilidad de materia seca con el uso de las ecuaciones de predicción.

##### 4.4.1. Pasos para la toma de medidas en el potrero

Si fuera el caso de que no se conoce la variabilidad del potrero en términos de composición de especies, tipos de suelo, proporción de suelo desnudo, topografía, etc., se recomienda previo a la toma de muestras con el RPM, realizar un recorrido del potrero para tener bien clara la variabilidad de las pastu-

ras y las proporción de las diferentes áreas de relevamiento. Ello seguramente redundará en una medición más representativa de las pasturas que se evaluarán.

En lo operativo, primero se debe prender el dispositivo con la perilla de la parte posterior, y después se procede de la siguiente manera:

- Restablecer el equipo presionando el botón "Avg/Reset" por 3 segundos. El contador hará 2 sonidos cortos, que significa que se restableció completamente el equipamiento.
- Se debe caminar todo el potrero tomando lecturas cada pocos pasos. Se escuchará un sonido cada vez que una lectura se almacena en el dispositivo. La altura promedio es inmediatamente calculada y mostrada en la pantalla. El número de muestras ("plonks") que se estimen tomar deben oscilar entre 20 y 40 por potrero. Sin embargo, esto dependerá de la variabilidad existente en el potrero y de la buena planificación previa de definir la estrategia de muestreo que contemple la variabilidad presente en dicho potrero. Los registros "plonks" deben tomarse sobre una base regular, por ejemplo, cada cinco pasos, incluso considerando la variabilidad del terrero, sin embargo, se deben evitar zonas de campamentos, caminos o zonas inusuales, suelo desnudo, piedras, huellas, pozos, etc. Cuanto mayor es la variabilidad, mayor es el número de registros que se deben tomar, de manera de contemplar dicho efecto. La unidad sonará con 2 sonidos cortos al "plonk" número 29 y 1 sonido largo al número 30. Esto permite al usuario saber que se han hecho los suficientes registros para obtener una medición con alto grado de precisión.
- Si se necesita evitar un obstáculo (por ejemplo cerco o arroyo) debe cambiar la unidad a la opción de "fuera de modo", con ello se evitará que se tomen las lecturas si la placa se mueve. Fuera del

obstáculo, se debe cambiar nuevamente el dispositivo y volver a seguir tomando las lecturas.

- Este dispositivo está equipado con una función de deshacer. Esto es para utilizarla cuando una lectura fue inexacta o si el contador o el operador se da cuenta que no se registró la lectura. Para deshacer la lectura, simplemente apague y encienda el contador manteniendo apretado el botón "Avg/Reset". El dispositivo se encenderá con 2 sonidos cortos y la palabra 'Undo' parpadeará, lo que significa que puede seguir adelante. Es importante tener en cuenta, que esta opción solo se puede realizar una vez.
- Cuando se termine el proceso de mediciones en el potrero, se debe presionar el botón "Avg/Reset" para que aparezca la cobertura promedio del potrero.
- Se debe tomar nota del promedio obtenido de la altura de la pastura.
- Se deben repetir las instrucciones de los ítems 2 al 5 hasta completar todos los potreros.
- Al final de todas las mediciones, se procede a apagar el dispositivo, utilizando la perilla que está en la parte detrás del contador.

#### 4.5. Uso correcto de la técnica de medición

Diferencias en la forma de medir con el RPM pueden alterar los resultados de estimación de la disponibilidad de pasturas tanto como hasta 600 kg MS/ha. (Farmworks, 2008) Ello puede tener importantes implicancias productivas y económicas en el manejo de pasturas y animales, por lo que es necesario considerar este aspecto al momento de usar esta herramienta.

Todas las técnicas de medición indirecta de la cantidad de pastura disponible en una si-

tuación determinada requieren de calibración para convertir la lectura obtenida en términos de kg de materia seca presente por unidad de superficie (ha). La técnica que se ha utilizado para tomar las mediciones en el campo mientras se recorre el mismo caminando debe ser la misma que se usa para calibrar esta herramienta (RPM). Esta técnica implica colocar la placa del RPM en la parte superior de la pastura sin presionar con fuerza y, a continuación, empujar el eje hacia el nivel del suelo, asegurándose de que la placa esté posicionada en forma vertical cuando el eje se apoya sobre el terreno.

Tomando mediciones con el RPM a 10 cm o más por encima de la parte superior de la pastura o hundiendo la placa en el perfil del forraje generara lecturas incorrectas que afectarán su grado de precisión y estimación de la disponibilidad de forraje en esa pastura.

Ejemplos de las situaciones mencionadas se presentan a continuación (técnica incorrecta), y como contraparte de proponen la forma adecuada de utilizar la herramienta (técnica correcta):

##### *Técnica incorrecta*

El RPM se sostiene por encima de la pastura, donde cuanto mayor sea la presión aplicada sobre la pastura, menor será la lectura.



##### *Técnica correcta*

Se debe colocar la placa en la parte superior de la pastura con la menor presión posible y este equipo se debe empujar el eje hacia el nivel del suelo con el eje vertical.



Meses	Ecuaciones RPM Pasturas (Dexcel)
Invierno (Abril-setiembre)	Lectura RPM x 140 + 500
Octubre	Lectura RPM x 115 + 850
Noviembre	Lectura RPM x 120 + 1000
Diciembre	Lectura RPM x 140 + 1200
Enero	Lectura RPM x 165 + 1250
Febrero	Lectura RPM x 185 + 1200

Fuente: Manual de RPM Ecuaciones de predicción de MS para pasturas de uso lechero elaboradas por Dexcel Ltd. (hoy DairyNZ) institución de investigación, de Nueva Zelanda (FARMWORKS, 2008).

#### 4.6. Ecuaciones de predicción

En el manual original del RPM se pueden encontrar las ecuaciones de ajuste utilizadas en Nueva Zelanda, la cuales estiman la disponibilidad (kg de MS/ha) (ver ecuaciones de predicción arriba).

Sin embargo, estas ecuaciones, como era de esperar y se verá a continuación en el desarrollo de este trabajo, no se ajustan a las condiciones de nuestras condiciones forrajeras, debido a la heterogeneidad de nuestras pasturas y al efecto marcado de las estaciones y la variabilidad climática en Uruguay con relación a la situación imperante en las pasturas neozelandesas, que son predominantemente monofíticas y dominadas por raigrás perenne. Por esta razón se estableció la necesidad de generar nuestras propias ecuaciones de predicción que se ajusten y representen la realidad de las pasturas del Uruguay. Esta temática se va a desarrollado en profundidad en la próxima sección.

#### 4.7 Cómo reemplazar las baterías

El modelo de RPM F100 lleva una batería de 9 voltios. Esta batería debería ser de duración persistente y mejor aún si es alcalina. Si la batería se está agotando el dispositivo alerta de esta situación con sonidos cortos y la palabra "Low" parpadeará en la pantalla del Display. Para reemplazar la batería, afloje el tornillo que está debajo de la parte frontal de membrana, completando de 3 a 5 vueltas completas, pero no quitar. Se debe

sacar el retenedor de la batería de la parte inferior de la carcasa del dispositivo y se reemplaza la batería. Se debe empujar la batería de retención hasta lo máximo que esta se pueda, manteniendo firme con el pulgar y se debe apretar el tornillo. No hay necesidad de eliminar la placa del eje para reemplazar la batería.

#### 4.8. Traslado del equipo

Para el traslado del equipo se debe tener en cuenta:

- Evitar que el contador se moje. El contador está dentro de un plástico sólido a prueba de agua. Sin embargo, como es un dispositivo electrónico se debe tratar de evitar que el mismo se humedezca.
- Se debe tratar de mantener limpio el eje. Este puede acumular suciedad que afecta la exactitud de las mediciones debido a que el eje no rodara normalmente y se requerirá más fuerza para tomar la lectura afectando el resultado final obtenido. Se debe limpiar el eje con una almohadilla de polietileno o similar. No se debe usar lubricante, ya que esto puede acumularse dentro del eje exterior de color negro.
- Se debe recordar chequear que el contador este apagado mientras se está caminando hacia otro potrero de medición. La perilla del interruptor puede fácilmente moverse por lo que se gastará la batería.

## 5. RISING PLATE METER (RPM): RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SU CALIBRACIÓN PARA LAS CONDICIONES DE LAS PASTURAS DEL URUGUAY

### 5.1. Antecedentes y objetivo del trabajo

El RPM ya fue descrito en el capítulo anterior en donde se han mostrado referencias sobre su utilidad en las presupuestaciones forrajeras ya que permite estimar in situ el forraje disponible a partir de las ecuaciones que relacionan la lectura de la altura comprimida medida por el disco del aparato y los kg de materia seca disponible de una pastura determinada. Dichas ecuaciones deben ser estimadas a partir de calibraciones para cada tipo de pasturas y ambiente para un correcto ajuste de la predicción (Sanderson *et al.*, 2001).

Dentro del proyecto GIPROCAR II, uno de los componentes importantes fue el de Pasturas y dentro de éste se planteó el interés de importar equipos de RPM desde Nueva Zelanda y validarlos para nuestras pasturas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue generar ecuaciones de regresión o de ajuste para el RPM para distintos tipos de pasturas a nivel nacional, utilizando como base para dicha validación las distintas pasturas de los productores integrantes del proyecto. También se evaluó la robustez de dichas ecuaciones, y si las mismas variaban con el tipo de pastura, situación climática, estación, y si era necesario disponer de distintas ecuaciones para cada situación en particular, o en su defecto usar ecuaciones más generales o universales para las diferentes situaciones que se presenten.

### 5.2. Materiales y métodos

#### 5.2.1. Criterios de selección de las pasturas utilizadas para la calibración

Se eligieron las pasturas más comúnmente utilizadas por los productores del GIPRO-

CAR II y aquellas que fuesen representativas del tipo de especie o mezclas forrajeras que la constituían, es decir se excluyeron pasturas degradadas en donde su composición botánica no representaba a las especies de interés. Se buscó repetir los tipos de pasturas o mezclas forrajeras en distintas zonas del país, para lograr una mejor calibración considerando distintas localidades y ambientes, tipo de suelos, manejo de pastoreo, nivel hídrico, así como contemplar la variación estacional, a los efectos de que los ajustes de ecuaciones predictivas sean aplicables a distintas condiciones.

#### 5.2.2. Recolección de muestras de calibración

Se recolectaron muestras de 15 tipos de pasturas en los 10 establecimientos donde se realizaron los seguimientos. De punto de vista de la estimación de la disponibilidad de forraje como método de base para el ajuste del RPM, se cortaron muestras de forraje al ras de la superficie del suelo donde se utilizó un rectángulo de 20 x 50 cm, el cual se arrojaba al azar en la pastura. Se midió la altura de forraje comprimida a través del RPM y se registró el valor en una planilla de anotación y seguimiento. Luego se cortó el forraje al ras del suelo en el área delimitada por el rectángulo mencionado y la muestra de pastura cortada se guardó en una bolsa de nylon con una etiqueta con la identificación correspondiente considerando: fecha de muestreo, establecimiento, potrero, tipo de pastura y observaciones (**Figuras 3 y 4**).

Las muestras se llevaron al laboratorio de pasturas de la sede de INIA Tacuarembó, donde estas se pesaron en verde y en seco, y se obtuvo el valor porcentual de materia seca. Con la información del material seco cortado en el área conocida del rectángulo y el porcentaje de materia seca, se calcularon los kg MS/ha. (Por más detalles, leer protocolo de recolección y procesado de muestras en Anexo 1). El período considerado para este análisis contempló muestras desde diciembre de 2008 hasta octubre de 2010.





**Figuras 3 y 4.** Registración de medidas con el RPM (izquierda) y corte de muestras para muestreos de materia seca (derecha) para la calibración del RPM.

### 5.2.3. Procesamiento estadístico

Se configuró una base de datos con la información recolectada. El procesamiento fue realizado en SAS mediante los programas PROCGLM y REG para modelos lineales simples.

En primer lugar se hizo una descripción estadística simple a los efectos de conocer la cantidad de muestras provenientes de los distintos productores, así como tipo de pasturas y estaciones.

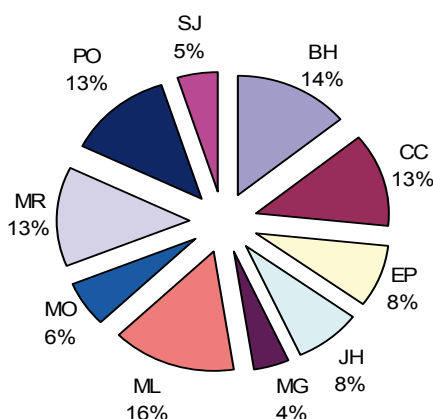
Luego se procedió a realizar el análisis de calibración para los distintos tipos de pasturas,

en donde se estudiaron para cada pastura en particular, todas las variables que pudieran afectar la disponibilidad de materia seca. Aquí se presentará un resumen de los estudios, mostrando únicamente los modelos que fueron significativos estadísticamente con una significancia de al menos un  $P < 0,01$ .

## 5.3. Resultados

### 5.3.1. Análisis descriptivo de la información

En primer lugar, en el Cuadro 1 y la Figura 5, se presenta un análisis descriptivo de la población de muestras obtenidas.



**Figura 5.** Distribución de muestras por productor. (iniciales indican diferentes productores)

**Cuadro 1.** Distribución de muestras por productor según tipo de opción forrajera.

Productor	PP	VI	VV	Total muestras	%
1	204	7	0	211	14,2
2	188	0	0	188	12,6
3	100	10	11	121	8,1
4	120	2	2	124	8,3
5	53	9	0	62	4,2
6	210	7	10	227	15,2
7	75	16	3	94	6,3
8	179	14	4	197	13,2
9	172	8	11	191	12,8
10	44	22	8	74	5,0
Total	1347	93	49	1489	100,0

Referencias: PP: Pasturas permanentes; VI: verdeos de invierno ,VV: verdeos de verano.

Como se observa en el **Cuadro 1** y la **Figura 5**, las muestras extraídas provinieron de todos los productores donde se estaban realizando las mediciones de pasturas con un rango de participación por productores del 5 al 15%, aproximadamente. La mayor parte de las muestras corresponde a pasturas permanentes (PP; 1347), seguidas por los verdeos de invierno (VI; 93) y menor proporción de los verdeos de verano (VV; 49). Es importante aclarar que los campos naturales fueron tomados como pas-

turas permanentes para esta clasificación. En términos de diferencias porcentuales las opciones de PP, VI, y VV representaron 90,3, 6,4, y 3,3%, respectivamente (**Cuadro 2**).

Estas diferencias observadas en el muestreo representan la realidad del dominio de las pasturas permanentes y los verdeos de invierno en las rotaciones forrajeras y agrícola-forrajeras de los productores del GIPROCAR II y del país.

**Cuadro 2.** Distribución porcentual de muestras por clasificación del tipo de pastura (PP=Pastura permanente; VI=verdeo de invierno; VV=verano).

Pastura	N° muestras	%
PP	1345	90,3
VI	95	6,4
VV	49	3,3
TOTAL	1489	100

**Cuadro 3.** Distribución de muestras por mes de muestreo.

Mes	2008	2009	2010	Total muestras	%
Enero		51	82	133	8,9
Febrero		70	78	148	9,9
Marzo		0	86	86	5,8
Abril		77	67	144	9,7
Mayo		57	95	152	10,2
Junio		58	58	116	7,8
Julio		58	69	127	8,5
Agosto		55	70	125	8,4
Setiembre		66	81	147	9,9
Octubre		70	99	169	11,3
Noviembre		0	0	0	0
Diciembre	68	74	0	142	9,5
<b>TOTAL</b>	<b>68</b>	<b>636</b>	<b>785</b>	<b>1489</b>	<b>100</b>

Por otro lado, en el **Cuadro 3**, se presenta, independiente de la opción forrajera, la información de la distribución mensual de las muestras tomadas. Con la excepción del mes de noviembre, la distribución del muestreo fue bastante equilibrada entre meses (5.8 a 11.3%).

Finalmente, se presenta la información de las distintas combinaciones de pasturas estudiadas en el proceso de muestreo (**Cuadro 4**). Los campos naturales mejorados fueron las pasturas más muestreadas (36.4%), seguidos por importancia por las combinaciones de Festuca pura, T. Rojo + *Lotus corniculatus*, Cebadilla + T. Rojo, Praderas degradadas, Alfalfa + gramíneas, y Festuca + *Lotus corniculatus*, Festuca + T. Rojo (8.7 a

4.7%) y con menores valores los verdes de verano e invierno y otras opciones (menores o iguales a 3.6%).

Se agruparon todos los campos naturales mejorados en un solo ítem de manera de poder hacer volumen de muestras. Estos campos naturales se encontraban distribuidos en las distintas regiones, donde aproximadamente la mitad de las muestras provenían de la región Este en donde los mejoramientos habían sido realizados en cobertura con Trébol blanco, Lotus Rincón, Raigrás, Lotus Maku y Holcus y sus distintas combinaciones. La otra mitad de las muestras provenían del Litoral, en donde los mejoramientos se basaban en Festuca, Trébol blanco, *Lotus corniculatus* y Raigrás.



**Cuadro 4.** Distribución de muestras por tipo de pastura.

Tipo de pastura	N° muestras	%
Alfalfa + gramínea	79	5,3
Avena	53	3,6
CN mejorado	542	36,4
Cebada forrajera	3	0,2
Cebadilla y TR	101	6,8
Cebadilla y lotus	4	0,3
Festuca	130	8,7
Festuca y TB	47	3,2
Festuca y TR	70	4,7
Festuca y Lotus	76	5,1
Praderas degradadas	99	6,6
Raigrás	37	2,5
Raigrás y TB	6	0,4
Raigrás y TR	70	4,7
Trébol Rojo	20	1,3
Trébol Rojo y Lotus	103	6,9
Moha	3	0,2
Sorgo forrajero	18	1,2
Sudangrás	28	1,9
<b>TOTAL</b>	<b>3362</b>	<b>100</b>

### 5.3.2. Estudio de calibración

A continuación se describen las variables dependientes estudiadas para el ajuste del RPM, así como los efectos fijos considerados.

- Variables dependientes:
  - kg de Materia Seca disponible por ha (kg MS/ha).
  - Peso Verde (PV).
  - Peso Seco (PS).
  - Porcentaje de materia seca (%MS).
- Tipo de efectos fijos:
  - Productor.
  - Mes de muestreo.

- Año (2008, solo el mes de diciembre), 2009, 2010 (de enero a octubre).
- Estación (verano, otoño, invierno y verano).
- Tipo de Pastura (Pastura permanente / verdeo de invierno / verdeo de verano).
- Tipo de opción forrajera: alfalfa + gramíneas, avena, campo natural mejorado, cebada forrajera, cebadilla + trébol rojo, cebadilla y lotus, festuca, festuca + trébol blanco, festuca + trébol rojo, festuca + lotus, praderas degradadas, raigrás, raigrás + trébol blanco, raigrás y trébol rojo, trébol rojo, trébol rojo + lotus, moha, sorgo forrajero, sudangrás.

Se dividió el análisis según el tipo de Pastura: pastura permanente (PP), verdeo de verano (VV) y verdeo de invierno (VI), ya que a priori,

sobre la base de información nacional (Montossi *et al.*, 1998) e internacional (DairyNZ, 2008) se suponía que este efecto es muy significativo como para considerar una sola ecuación universal que ajustara a todas las pasturas. De esta manera, en la siguiente sección se presentaran por separado los estudios y análisis de calibración del RPM para cada tipo de pastura (PP, VI, y VV).

### 5.3.2.1. Pasturas permanentes (PP)

#### 5.3.2.1.1 Evaluación de efectos fijos sobre la variable dependiente “kg MS/ha”.

Se realizó una prueba de hipótesis para evaluar si la variable dependiente (kg MS/ha) se veía afectada por los efectos mencionados.

El modelo estadístico propuesto y utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = Bo + B1 * Avg + Pi + Tpj + \text{año } k + \text{mes } l + e$$

Donde;

**Yijk** = kg MS/ha, en este caso pasturas permanentes

**Bo** = intercepto de la recta,

**B1** = coeficiente o pendiente de la recta que se multiplica por la lectura del RPM (Avg),

**Pi** = efecto del “i” productor,

**Tpj** = efecto de la “j” tipo de pastura,

Año y mes = efectos del k año y del l mes considerado, y **e** = error.

En el **Cuadro 5**, se muestra la salida del análisis de varianza para la variable dependiente (kg MS/ha).

La varianza explicada por el modelo es sustancialmente mayor que la del error, existiendo evidencia que el modelo es altamente significativo, demostrando que las medias de los distintos efectos son significativamente diferentes. Analizando para cada parámetro individual se observa que todos los efectos son significativos sobre la media de la kgMS/ha, incluso el efecto año con un valor de P (probabilidad) cercano al p <0,01%.

**Cuadro 5.** Análisis de varianza para el primer modelo propuesto para pasturas permanentes.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Modelo	34	1.012.722.931	29.785.969	78,83	<.0001
Error	1310	494.988.455	377.854		
Total correcto	1344	1.507.711.386			
R <sup>2</sup> modelo	0,67		MS_ha_media	1524,7	
Fuente	gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	1582,58	<.0001		
Productor	9	5,84	<.0001		
Tipo pastura	12	4,47	<.0001		
Año	2	5,12	0,0061		
Mes	10	6,89	<.0001		

En un proceso de profundización del análisis realizado, se propuso un segundo modelo estadístico de predicción:

$$Y_{ijkl} = B_0 + B_1 * Avg + P_i + T_p j + \text{año} * \text{estación } kxm + e$$

Donde;

- Yijk** = kg MS/ha, de pastura permanente
- B<sub>0</sub>** = intercepto de la recta,
- B<sub>1</sub>** = coeficiente de pendiente de la recta que se multiplica por la lectura del RPM (Avg),
- P<sub>i</sub>** = efecto del "i" productor,
- T<sub>pj</sub>** = efecto de la "j" tipo de pastura,
- Año x estación = efecto de la interacción entre el k año y la m estación y
- e** = error.

En este caso se agruparon los meses por estación y se consideró el efecto "año" por suponer que podría estar afectado las aso-

ciaciones entre las variables, ya que el verano del 2008-2009 fue muy seco, mientras que verano 2009-2010 fue bastante lluvioso y este efecto podría traer ciertas diferencias sobre la estación.

En el **Cuadro 6** se presenta la salida del análisis de varianza.

Este segundo modelo también es significativo y todos los efectos considerados determinan diferencias significativas en los kg MS/ha de la muestra. En este caso se observa que la interacción entre año y estación tiene un efecto leve por lo que esta interacción podría generar diferencias en los kg MS/ha de la muestra.

Posteriormente, se estimaron las diferencias entre las medias para los distintos efectos en el caso del segundo modelo propuesto. Dichos parámetros se presentan en el **Cuadro 7**.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza para el segundo modelo propuesto para pasturas permanentes.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Modelo	30	992.035.985	33.067.866	84,26	<0,0001
Error	1314	515.675.402	392.447		
Total correcto	1.344	1.507.711.387			
R <sup>2</sup> modelo	0,658		MS_ha_media	1524,7	
Fuente	gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	1643,2	<.0001	**	
Productor	9	5,73	<.0001	**	
Tpastura	12	4,18	<.0001	**	
año*estación	8	2,4	0,0144	*	

**Cuadro 7.** Estimaciones de los distintos efectos del segundo modelo para pasturas permanentes.

Parámetro		Estimador	Valor T	Pr >  t	
Término independiente		108,6	0,72	0,471	
Avg		110,4	40,54	<.0001	**
Productor	BH	-356,2	-2,62	0,009	*
Productor	CC	-90,7	-0,66	0,511	
Productor	EP	236,8	1,82	0,069	
Productor	JH	-89,9	-0,69	0,49	
Productor	MG	142,6	0,98	0,328	
Productor	ML	-137,0	-1,17	0,244	
Productor	MO	-18,2	-0,13	0,895	
Productor	MR	-122,1	-0,91	0,3616	
Productor	PO	-147,5	-1,06	0,288	
Productor	SJ	0,0	.	.	
Tpastura	Alf_gram	-172,7	-1,38	0,1673	
Tpastura	CNm	364,4	4,29	<.0001	**
Tpastura	CyTR	197,2	1,63	0,1041	
Tpastura	CyLotus	433,0	1,27	0,206	
Tpastura	Fes	157,9	1,38	0,1701	
Tpastura	Fest_TB	196,5	1,45	0,148	
Tpastura	Fest_TR	356,4	2,65	0,0079	*
Tpastura	Fest_lo	188,9	1,48	0,1378	
Tpastura	Pdeg	82,9	0,66	0,5072	
Tpastura	Rg_TB	306,8	1,15	0,2523	
Tpastura	Rg_TR	24,4	0,18	0,8579	
Tpastura	TR	-67,8	-0,39	0,6981	
Tpastura	Tr_lo	0,0	.	.	
año*Estación	2008*verano	-41,40	-0,41	0,679	
año*Estación	2009*invierno	-120,48	-1,58	0,1149	
año*Estación	2009*otoño	7,18	0,09	0,929	
año*Estación	2009*primavera	-186,63	-2,45	0,0145	
año*Estación	2009*verano	26,15	0,36	0,7161	
año*Estación	2010*invierno	32,03	0,45	0,6562	
año*Estación	2010*otoño	65,72	0,98	0,3291	
año*Estación	2010*primavera	-39,21	-0,54	0,5914	
año*Estación	2010*verano	0,00	.	.	

Referencias: Alf+gram: alfalfa+gramíneas; Av: avena, Ceb: cebada, CNm: campo natural mejorado, CyTR: cebadilla y trébol rojo, CyLotus: cebadilla y Lotus, Fes: festuca, Fest\_TR: festuca+trébol rojo, Fest\_lo.: festuca+louts, Fest\_TB,: festuca+trébol Blanco, Pdeg,:praderas degradadas, Rg: raigrás, Rg\_TR,: raigrás + trébol rojo, Rg\_TB,: raigrás+Trébol blanco. TR,: trébol rojo, Tr\_lo,: trébol rojo\_lotus.

### 5.3.2.1.2 Evaluación del ajuste del modelo predictivo

Como se observa en el **Cuadro 7**, en algún caso particular de las variables se generan diferencias estadísticamente significativas (\*  $p < 0.05$  o \*\*  $p < 0.01$ ) sobre la media de kg MS/ha. Tal es el caso del productor BH cuyo promedio fue 356.2 kg MS/ha inferior al promedio general (1524.7-356.2=1168.5) y al productor SJ quién se lo toma como referencia como se muestra en el **Cuadro 7** con valor 0, es decir igual que el promedio (1524,7) Las pasturas que se diferenciaron estadísticamente de las demás fueron la Festuca + T. Rojo (Festuca\_TR) y el Campo Natural Mejorado (CNm). Sin embargo, estas diferencias no tienen ninguna inferencia del punto de vista agronómico, ya que puede ser simplemente consecuencia de la forma de la obtención de las muestras y genera un “ruido” en el proceso de ajuste, el cual se puede originar dentro de las jaulas de exclusión con el uso de cortes reiterados y no necesariamente es un reflejo de la producción de kgMS/ha. Respecto a la interacción año\*estación, tomando como referencia el

verano 2010, las muestras de las distintas estaciones no difirieron estadísticamente de la misma.

Para la generación de las ecuaciones de ajuste, se consideró el total de las muestras sin ajustar por ninguno de los efectos fijos mencionados anteriormente, en la búsqueda se generará una única ecuación general que se adaptaría a todas las pasturas, productores y estaciones del año. En ese sentido, la ecuación de regresión general fue definida como:

$$\text{kg MS/ha} = B_0 + B_1 \cdot \text{Avg} + e$$

Donde;

**kg MS/ha**= son los kg de MS de la pastura

**B<sub>0</sub>** = intercepto,

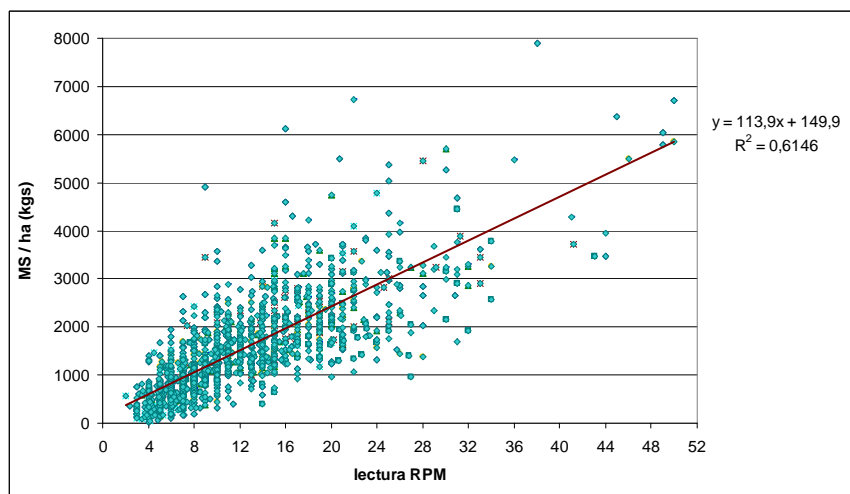
**B<sub>1</sub>** = coeficiente de la recta que se multiplica por el valor de lectura del RPM (Avg), y

**e** = error.

En el **Cuadro 8**, se presentan los coeficientes estimados a través de una regresión simple. Dicho modelo resultó significativo y presentó un ajuste de 0.614.

**Cuadro 8.** Análisis de regresión para las diferentes opciones de forrajeras dentro de pasturas permanentes.

Modelo General para Praderas y Pasturas Perennes : R <sup>2</sup> 0,614						
Variable	gl	Estimador	SD error	T	Pr>t	
Intercepto	1	149,89	34,7	4,32	< ,0000	**
Avg	1	113,9	2,46	46,23	< ,0001	**



**Figura 6.** Regresión simple entre muestras de cortes y altura comprimida del RPM para todo tipo de pasturas perennes.

De acuerdo a los parámetros obtenidos la ecuación general para todos tipos de opciones forrajeras dentro de las pasturas perennes es:

$$\text{kg MS/ha Pasturas Permanentes} = 149,89 + 113,9 \cdot \text{Avg} + e$$

En la **Figura 6**, se muestra la intersección de los puntos que relacionan la altura del RPM con los datos de muestreo de corte de campo, y a su vez se presenta la ecuación general de predicción. Como se observa el rango de valores de altura medidos es entre 2 y 22cm, siendo valores mayores, poco frecuentes para este tipo de pasturas.

Sin embargo, como fue evaluado previamente los kg MS/ha de las muestras están afectados por el tipo de pasturas y estación, por ello, es de suponer que las ecuaciones de regresión sean diferentes para cada tipo de pasturas y para cada estación. Si bien se comprobó que el “efecto productor” (desde el punto de vista del manejo) fue significativo, esto no tiene sentido incluirlo desde el punto de vista de la calibración del RPM, ya que se pretende inferir su uso a nivel de la población de productores del país.

Información nacional del uso del RPM en campos mejorados de Lotus + Raigrás + T. Blanco en la región de Basalto (Montossi *et al.*, 1998), demuestran que los niveles de precisión fueron medio a alto para las estaciones de otoño-invierno- primavera ( $R^2$  de 0.59 a 0.79%), con la excepción del verano ( $R^2= 0.40\%$ ).

### 5.3.2.1.3 Evaluación del efecto del tipo de pastura

A continuación, se testeó la hipótesis de que los coeficientes de regresión,  $B_0$  y  $B_1$ , fueran diferentes para cada tipo de pasturas de las 13 alternativas posibles estudiadas. Para ello, se planteó el siguiente modelo:

$$Y_i = B_0 + B_0 T_{pj} + B_1 \cdot \text{Avg} + B_1 j \cdot \text{Avg}_j + e_i$$

Donde;

$Y_{ij}$  = kg MS/ha, de pastura permanente  $B_0$ ,  $B_1$  y Avg ya fueron definidos,

$B_0 T_{pj}$  = efecto del tipo de pastura  $j$  expresado como desvío del intercepto general ( $B_0 T_{pj} - B_0$ );

$B_1 j$  = coeficiente de regresión que se multiplica el valor de lectura del RPM para la pastura  $j$  expresado como desvío de  $B_1$  ( $B_1 j - B_1$ ), y

$e_j$  = error.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza para evaluar diferencias en coeficientes de regresión (Bo y B1) para cada tipo de pasturas de las 13 alternativas posibles de pasturas permanentes.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Modelo	25	996.624.612	39.864.984	102,88	<0,0001
Error	1319	511.086.775	387.489		
Total correcto	1344	1.507.711.387			
R <sup>2</sup> modelo	0,66			MS_ha_media	1524,74
Fuente	gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	263,5	<0,0001	**	
Tpastura	12	2,67	0,0015	*	
Avg*Tpasturas	12	7,3	<0,0001	**	

En el **Cuadro 9**, se observa cómo la interacción entre el tipo de pasturas con la pendiente de la ecuación es significativa, determinando que existe al menos una ecuación para determinada pastura que no es igual a las otras 13 consideradas.

A partir de este análisis, se estimaron los parámetros Bo y B1 promedio para todas las muestras y de los parámetros para cada

una de los 13 tipos de pasturas evaluadas. Luego se realizaron los contrastes entre dichos parámetros para cada combinación de pasturas. También se contrastaron las rectas totales. En el **Cuadro 10**, se presentan los valores de los parámetros estimados para cada pastura. Las distintas letras indican diferencias estadísticas en las rectas de regresión entre los distintos tipos de pasturas.

**Cuadro 10.** Estimadores de parámetros Bo y B1 para las 13 opciones de pasturas permanentes estudiadas.

Pastura	Parámetros			
	n	Bo	B1	Diferencia significativa entre rectas totales
Promedio		256,16	106,93	
Alf+gram	79	456,84	71,66	a
CNm	542	70,47	129,51	b
CyTR	101	345,42	96,19	a
Cylo	4	569,99	108,28	ab
Fes	130	87,14	118,72	bac
Fest_TB	47	645,50	80,42	ab
Fest_TR	70	170,99	131,91	bc
Fest_lo	76	81,29	129,83	bac
Pdeg	99	-246,16	145,96	bac
Rg_TB	6	647,56	92,06	ab
Rg_TR	70	525,09	64,36	a
TR	20	-179,14	122,08	ab

Referencias: Alf+gram: alfalfa+gramíneas; Av: avena, Ceb: cebada, CNm: campo natural mejorado, CyTR, c..Trébol rojo, Cylotus: c y Lotus, Fes: festuca, Fest\_TR: festuca+trébol rojo, Fest\_lo,: festuca+louts, Fest\_TB,: festuca+trébol blanco, Pdeg,:praderas degradadas, Rg: raigrás, Rg\_TR,: raigrás + trébol rojo, Rg\_TB,: raigrás+Trébol blanco, TR,: trébol rojo, Tr\_lo,: trébol rojo\_lotus.

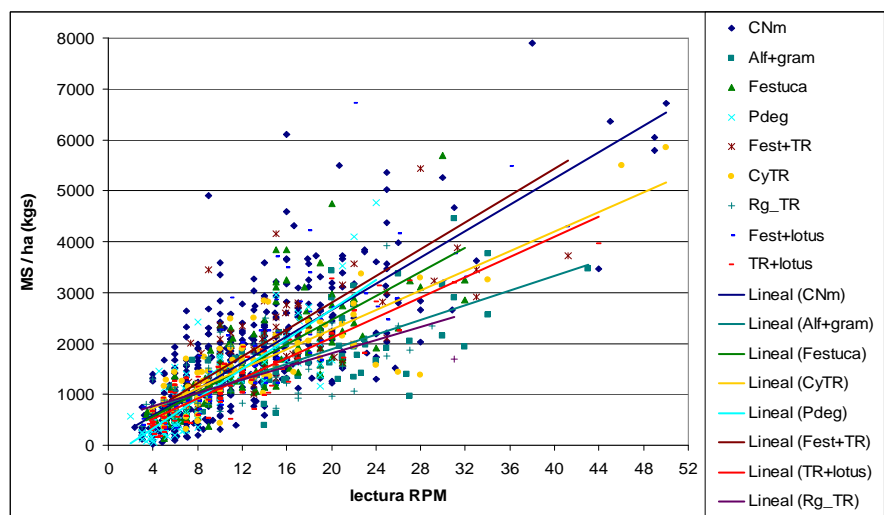


Figura 7. Regresiones de predicción para cada tipo de pasturas dentro de Pasturas Permanentes.

A modo de ejemplo, para el caso de opción forrajera de Alfalfa + Gramínea, el modelo fue el siguiente:

$$Y_i = B_0 + B_0 T_{pj} + B_1 \cdot \text{Avg} + B_{1j} \text{Avg}_j + e_i$$

$$Y_{\text{Alf+gram}} = 256.16 + (456.84 - 256.16) + 106.93 \cdot \text{Avg} + (71.66 - 106.93) \cdot \text{Avg} + e$$

$$Y_{\text{Alf+gram}} = 456.84 + 71.66 \cdot \text{Avg} + e$$

Como se observa en el Cuadro 10, algunos coeficientes  $B_0$  y  $B_1$  se aproximan en términos generales entre los distintos tipos de pasturas, aunque existieron algunas excepciones. Tal es el caso de las mezclas de Alfalfa + Gramínea y Cebada + T. Rojo que tienen una pendiente menor al promedio del resto de la sumatoria de las opciones, pero con un intercepto mayor, y que se aleja bastante de la ecuación de las Praderas Degradadas, que tiene una gran pendiente, pero un intercepto negativo. Mediante el uso de análisis de contrastes de rectas se pudo identificar y confirmar que el tipo de pasturas determina diferencias significativas en la ecuación general de estimación de kg MS/ha para pasturas perenes. Sin embargo, dichas regresiones solo son diferentes estadísticamente para alguna de las pasturas respecto a alguna otra, e igual con las demás. La diferencia entre las rectas,

fundamentalmente de la pendiente entre las distintas pasturas, es ilustrada en la Figura 7, donde se presentan algunas de las más contrastantes.

Como se puede observar en la Figura 7, algunas rectas se asemejan más que otras, como son los casos de Festuca + T. Rojo con la de Campo Natural Mejorado o Festuca pura, de Cebada + T. Rojo con T. Rojo + Lotus y el caso de Alfalfa + Gramínea con Raigrás y T. Rojo. También es de destacar que las diferencias se hacen más importantes cuando las disponibilidades de materia seca superan los valores de 2000 kg MS/ha, lo cual no es recomendable para una correcta utilización de la pastura por parte del animal y tampoco del punto de vista del manejo fisiológico de las pasturas perennes de clima templado. Por otro lado, de las pasturas que más semejanza tuvieron se destaca que constituyen la base más importante de muestreo y presencia a nivel comercial dentro de la totalidad de las pasturas muestreadas (PP+VI+VV), como fueron los casos de los campos naturales mejorados (36.4%), Festuca pura (8.7%) y Cebada + T. Rojo (6.8%). Solo considerando las muestras dentro de PP, estas opciones mencionadas sumadas a las de Festuca + T. Rojo y T. Rojo + Lotus, constituyen el 64% de todas las opciones de PP.



**5.3.2.1.4 Evaluación del efecto de la estación del año**

La estación del año afectó los promedios de kg MS/ha para cada pastura, por lo que se presumía podía afectar los ajustes de las regresiones. Sin embargo, la realidad demuestra que desde un punto de vista práctico estimar una ecuación para cada una de las 13 pasturas en cada estación en particular, tendría poco sentido para favorecer su uso a nivel comercial. Para ello, se testeó, como afectaba la estación del año a la regresión general promedio para todas las pasturas.

El modelo evaluado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = B_0 + \text{Estación}_j + B_1 * \text{Avg} + (B_{1j} - B_1) * \text{Avg}_j + e_i$$

Donde;

$Y_{ij}$  = kg MS/ha, de la pastura perenne  
 $B_0$ ,  $B_1$  y Avg ya fueron definidos,

**Estación**= efecto de la estación que se suma o resta al intercepto general  $B_0$ ,  
**( $B_{1j} - B_1$ )**= coeficiente de regresión que se multiplica por el valor de lectura del RPM para la estación  $j$  expresado como desvío al coeficiente general  $B_1$ , y  
 $e_i$  = error.

En el **Cuadro 11** se observa como el modelo fue significativo, indicando que la regresión es diferente de acuerdo a la estación.

A continuación se estiman los parámetros para cada una de las ecuaciones en cada estación (**Cuadro 12**).

**Cuadro 11.** Análisis de varianza del efecto de la estación sobre la regresión general de la pastura permanente.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
Modelo	7	949.479.920	135.639.989	324,87	<0,0001
Error	1337	558.231.467	417.525		
Total correcto	1344	1.507.711.387			
R <sup>2</sup> modelo	0,63			MS_ha_media	1524,74
Fuente	gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	1869,95	<0,0001	**	
Estación	3	9,68	<0,0001	**	
Avg*Estación	3	14,93	<0,0001	**	

**Cuadro 12.** Estimadores de parámetros  $B_0$  y  $B_1$  para las rectas de las distintas estaciones del año para las pasturas permanentes.

Estación	Parámetros		Dif. recta
	$B_0$	$B_1$	
Promedio	172,32	113,91	
Invierno	-34,09	132,68	a
Otoño	243,48	112,62	a
Primavera	476,26	84,75	b
Verano	3,64	125,59	a

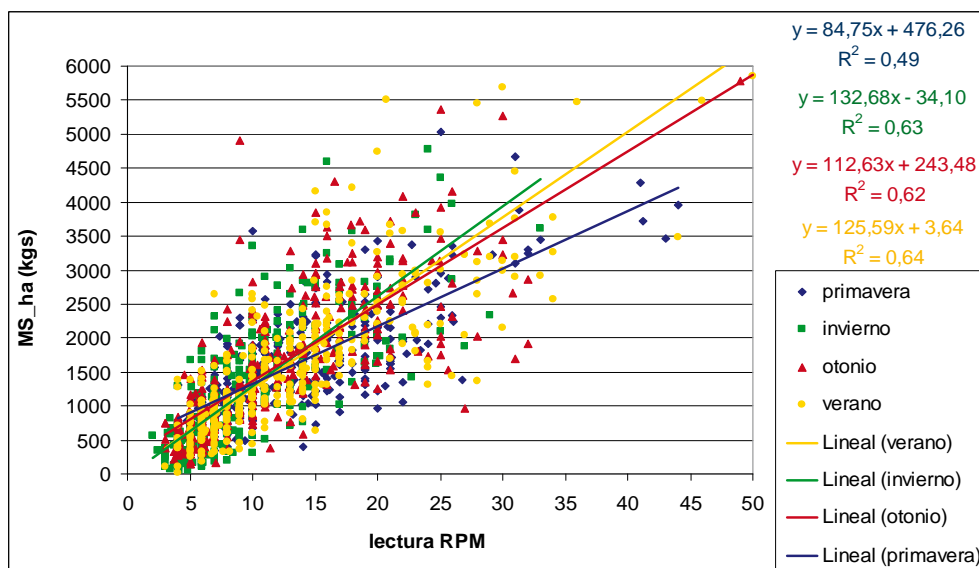


Figura 8. Regresiones para pasturas perennes según la estación del año.

Como claramente lo demuestra el Cuadro 12, la única regresión que difirió estadísticamente de las demás fue la de primavera. Del punto de vista gráfico, se puede observar en la Figura 8 como esta última recta difiere de las otras tres.

Este análisis indicaría que a diferencia de lo que sucede entre otoño, invierno y verano, sería conveniente la ecuación de primavera cuando se use el RPM en esta estación. Sin embargo, el uso de las distintas ecuaciones en el campo dependerá del objetivo, precisión y practicidad buscada en la estimación de campo, ya que la utilización de la ecuación general tiene buena precisión como ya se demostró en este trabajo.

5.3.2.2. Verdeos de Invierno (VI)

5.3.2.2.1. Evaluación de efectos fijos sobre la variable dependiente: "kg MS/ha muestra"

Al igual que para las PP, se realizó una prueba de hipótesis para evaluar si la variable dependiente (kg MS/ha) de los ver-

deos de invierno se veía afectada por los efectos o las variables independientes mencionadas.

El modelo estadístico propuesto fue:

$$Y_{ijkl} = B_0 + B_1 * Avg + P_i + T_p j + mes l + año k + e$$

Donde;

- Y<sub>ijkl</sub> = kg MS/ha, de un verdeo de invierno
- B<sub>0</sub> = intercepto de la recta,
- B<sub>1</sub> = coeficiente o pendiente de la recta que multiplica por la lectura del RPM,
- P<sub>i</sub> = efecto del i productor,
- T<sub>pj</sub> = efecto de la j tipo de pastura,
- mes = efecto del l mes considerado,
- año = efecto del k año, y
- e = error.

Para este análisis se eliminaron las muestras de cebada forrajera (3) ya que las mismas podrían estar interfiriendo y evitar que aparezca el efecto del tipo de pastura en dicho análisis. En el Cuadro 13, se muestra los resultados del análisis de varianza.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para verdes de Invierno

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Modelo	19	77.809.565	4.095.240	10,03	<0,0001
Error	70	28.586.416	408.377		
Total correcto	89	106.395.980			
R <sup>2</sup> modelo	0,731		MS_ha_media	1736,5	
Fuente	gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	93,15	<0,0001	**	
Productor	8	0,69	0,7024	ns	
Tpastura	1	0,19	0,6679	ns	
mes	8	1,8	0,0922	ns	
año	1	1,92	0,1699	ns	

La varianza explicada por el modelo es mayor que la del error, lo que demuestra que existe evidencia que el modelo es estadísticamente significativo, demostrando así que las medias de los distintos efectos son significativamente diferentes. Analizando por cada parámetro en particular, la lectura del RPM es altamente significativa, mientras que los demás efectos no fueron significativos.

**5.3.2.2.2 Evaluación del ajuste del modelo predictivo**

Si se considera el total de las muestras de VI sin ajustar por ninguno de los efectos fijos mencionados anteriormente, se obtiene una única ecuación general de predicción que se adaptaría a todas las pasturas, productores y estaciones del año.

Dicha ecuación de regresión general para los verdes de invierno se definió como:

$$\text{Kg MS/ha} = \text{Bo} + \text{B1} * \text{Avg} + \text{e}$$

Donde;

**kg MS/ha** = son los kg de MS por hectárea de verdeo de invierno

**Bo** = intercepto,

**B1** = coeficiente de la recta que se multiplica por el valor de lectura del RPM (Avg), y

**e** = error.

En el **Cuadro 14** se presenta los coeficientes estimados a través de una regresión simple. El modelo resultó significativo y presentó un ajuste de 0,64%.

**Cuadro 14.** Regresión simple para verdes de invierno.

Modelo General para Verdeos				R <sup>2</sup>	0,638	
Variable	gl	Estimador	sd error	T	Pr>t	
Intercepto	1	132,01	146,52	0,9	0,37	ns
Avg	1	100,35	8,06	12,45	<0,0001	**

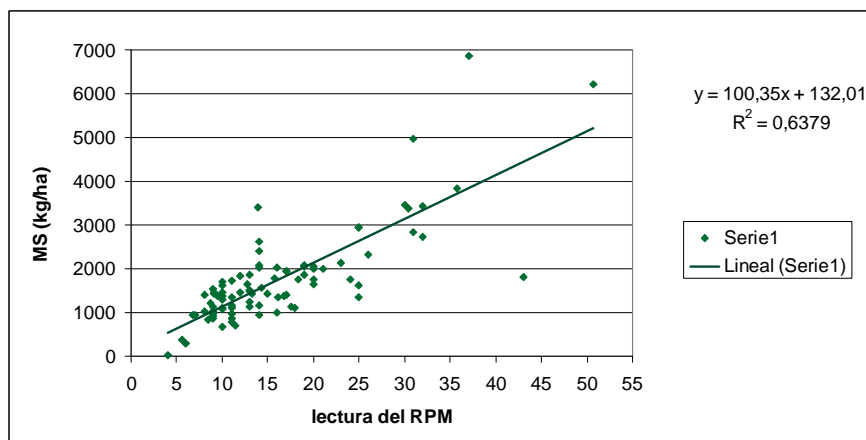


Figura 9. Regresión general simple para todo tipo de verdeos de invierno.

De acuerdo a los parámetros obtenidos la ecuación general para todos los tipos de verdeos de invierno sería:

$$\text{kg MS/ha de verdeo de invierno} = 132.01 + 100.35 * \text{Avg} + e$$

En la **Figura 9** se ilustra la intersección de puntos que relacionan la altura del RPM con los datos de las muestras de laboratorio, y se presenta la ecuación general definida para los verdeos de invierno.

### 5.3.2.2.3 Evaluación del efecto del tipo de verdeo

A pesar de que en el modelo evaluado para VI demostró que kg MS/ha de las muestras no están afectados por el tipo de verdeo de invierno (**Cuadro 13**), igualmente se procedió al cálculo y análisis de los coeficientes de las rectas para cada tipo de verdeo y se contrastaron las mismas. Para ello, se definió el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = B_0 + B_0 T_{pj} + B_1 * \text{Avg} + B_1 j \text{ Avg} + e_j$$

Donde;

$Y_{ij}$  = kg MS/ha, son los kg de materia seca de verdeo de invierno

$B_0$ ,  $B_1$  y Avg ya fueron definidos,

$B_0 T_{pj}$  = efecto del tipo de pastura  $j$  expresado como desvío del intercepto general ( $B_0 T_{pj} - B_0$ );

$B_1 j$  = coeficiente de regresión que se multiplica por el valor de lectura del RPM para la pastura  $j$  expresado como desvío a  $B_1$  ( $B_1 j - B_1$ ), y

$e_j$  = error.

Como se observa en el **Cuadro 15** el modelo fue significativo. Sin embargo, cuando se analiza cada efecto en particular, la lectura promedio fue altamente significativa, mientras que los efectos de la interacción con el tipo de pasturas o del tipo de verdeo de invierno fueron estadísticamente significativos como para establecer diferencias en los valores promedio de kg MS/ha.

**Cuadro 15.** Análisis de varianza del modelo por tipo de verdeo de invierno.

	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Fuente					
Modelo	3	70.383.608	23.461.203	56,0	<0,0001
Error	86	36.012.372	418.749		
Total correcto	89	106.395.980			
R <sup>2</sup> modelo	0,66		MS_ha_media	1736,5	
Fuente	gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	151,41	<,0001	**	
Tpastura	1	0,51	0,477	ns	
Avg*Tpastura	1	2,88	0,0934	ns	

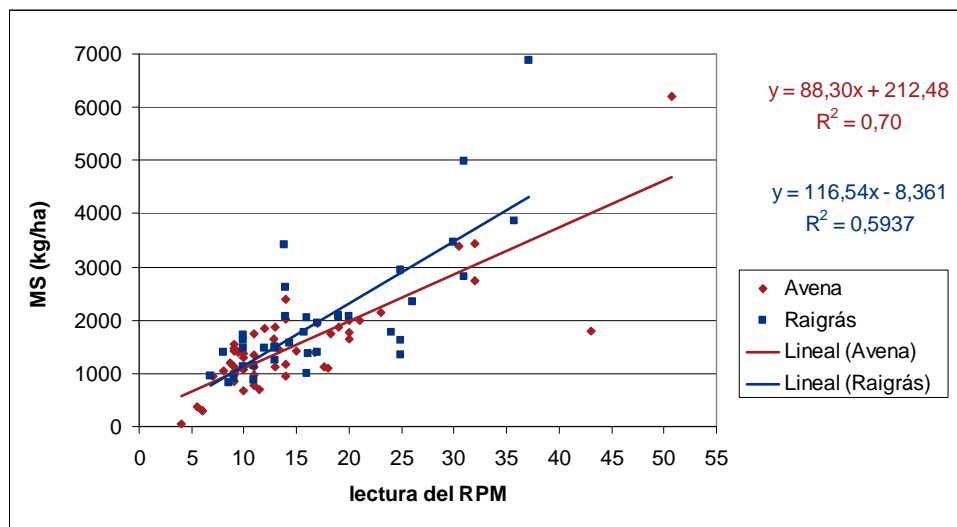
A pesar de que no resulto estadísticamente significativa la diferencia entre el tipo de verdeos, igualmente se estimaron los parámetros Bo y B1 para cada uno de los dos tipos de verdeos, y luego se realizaron contrastes de dichos parámetros. También se contrastaron las rectas totales.

En el **Cuadro 16** se presentan los parámetros para cada tipo de verdeo. Las ecuaciones para avena y raigrás mostraron una leve tendencia a diferenciarse (P= 0,05), la cual esta dada por la leve diferencia en la pendiente de la recta.

**Cuadro 16.** Estimadores de parámetros Bo y B1 para las rectas de los dos verdeos de invierno evaluados.

	Parámetro		
Pastura	BO	B1	
Promedio	102,06	102,42	
Avena	212,48	88,30	a
Raigrás	-8,36	116,54	b

En la **Figura 10** se ilustran las dos regresiones para los distintos tipos de verdeos estudiados.



**Figura 10.** Regresión para cada tipo de verdeo de invierno (avena y raigrás).

Como comentario final se puede destacar que el tipo de verdeos determina una diferencia estadística levemente significativa en la ecuación de regresión, por lo que se concluye que de acuerdo a la precisión de la estimación que necesite disponer un técnico o productor para una situación particular, se deberá utilizar o no usar distintas ecuaciones según que tipo de verdeo de invierno se refiere (raigrás o avena). No obstante, la utilización de una única ecuación de regresión para el ajuste, igualmente permite obtener precisiones bastante altas ( $R^2=0.64$ ).

### 5.3.2.3. Verdeos de Verano (VV)

#### 5.3.2.3.1. Evaluación de efectos fijos sobre la variable dependiente: "kg MS/ha\_muestra"

Se realizó una prueba de hipótesis para comprobar si la variable dependiente (kg MS/ha) se veía afectada por los efectos o las variables independientes mencionadas.

El modelo estadístico propuesto fue:

$$Y_{ijkl} = B_0 + B_1 * Avg + P_i + T_pj + mes k + e$$

Donde;

**Y<sub>ijk</sub>** = kg MS/ha, de verdeo de verano

**B<sub>0</sub>** = intercepto de la recta,

**B<sub>1</sub>** = coeficiente o pendiente de la recta que se multiplica la lectura del RPM,

**P<sub>i</sub>** = efecto del i productor,

**T<sub>pj</sub>** = efecto de la j tipo de pastura,

**mes** = efecto del k mes considerado, y

**e** = error.

Se eliminaron las muestras del cultivo de Moha por contar solamente con 3 de éstas. En el **Cuadro 17** se muestran los resultados del análisis de varianza para los VV.

La varianza explicada por el modelo es mayor que la del error, lo que demuestra que existe evidencia que el modelo es estadísticamente significativo, demostrando así que las medias de los distintos efectos son significativamente diferentes. Analizando por cada parámetro en particular, la lectura del RPM es altamente significativa y le sigue el efecto del tipo de pastura, mientras que los demás efectos no fueron significativos.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza para los verdeos de verano.

Fuente	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	154.934.689	14.084.972	25,4154	<,0001
Error	34	18.842.479	554.191		
Total	45	173.777.168			
R <sup>2</sup> modelo	0,89		kg MS/ha_muestra	1967,22	
Fuente	gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	205,53	<,0001		
Productor	6	0,57	0,753		
Tpastura	1	7,08	0,012		
Mes	3	1,49	0,234		

**Cuadro 18.** Regresión simple para verdes de verano.

Modelo Gral para Verdeos Verano				R <sup>2</sup>	0,812
Variable	GL	Estimador	SD error	T	Pr>t
Intercepto	1	-670,73	229,57	-2,92	0,0055
Avg	1	99,98	7,25	13,79	<0,0001

**5.3.2.3.2 Evaluación del ajuste del modelo predictivo**

Si se considera el total de las muestras de VV sin ajustar por ninguno de los efectos fijos mencionados anteriormente se obtendría una única ecuación general que se adaptaría para los dos tipos de verdes de verano estudiados, en la cual no se considera el efecto del productor o del mes.

Dicho modelo de regresión se definió como:

$$\text{kg MS/ha} = \text{Bo} + \text{B1} * \text{Avg} + \text{e}$$

Donde;

**kg MS/ha** = son los kg de materia seca de un verdeo de verano

**Bo** = intercepto,

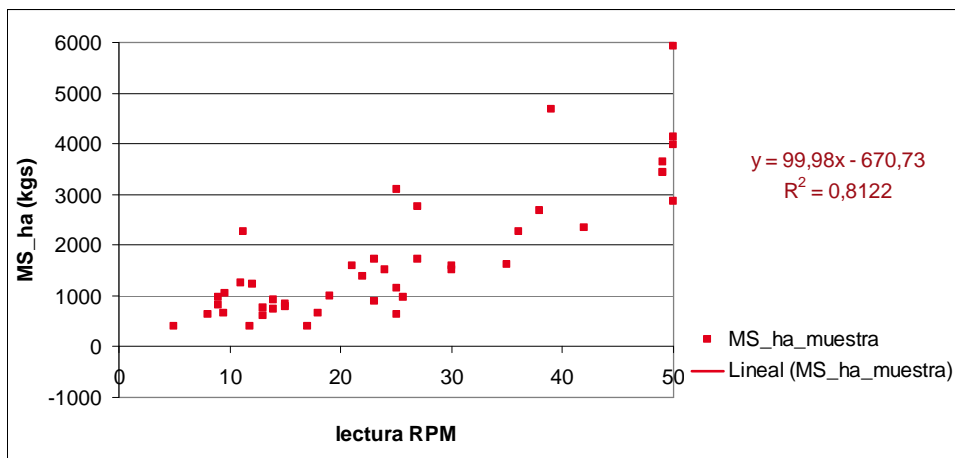
**B1** = coeficiente de la recta que se multiplica el valor de lectura del RPM (Avg), y  
**e** = experimental.

Dicho modelo resultó significativo y presentó un ajuste de 0,81% (**Cuadro 18**).

De acuerdo a los parámetros obtenidos la ecuación general para todos los tipos de verdes de verano es:

$$\text{kg MS/ha para verdes de verano} = - 670,73 + 99,98 * \text{Avg} + \text{e}$$

En la **Figura 11** se ilustra la intersección de puntos que relacionan la altura del RPM con los datos de las muestras de laboratorio, y se presenta la ecuación general definida para los verdes de verano.



**Figura 11.** Regresión general simple para verdes de verano.

Como se observó en el análisis anterior (**Cuadro 17**) que los kg MS/ha de las muestras están afectados por el tipo de verdeo de verano, se procedió a calcular los coeficientes de las rectas para cada tipo de verdeo de verano y se contrastaron las mismas. Para ello se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_i = B_0 + B_0 T_{pj} + B_1 \cdot Avg + B_1 j Avg_j + e_i$$

Donde;

**Y<sub>ij</sub>** = kg MS/ha, son los kg de materia seca por ha de un verdeo de verano

**B<sub>0</sub>**, **B<sub>1</sub>** y **Avg** ya fueron definidos,

**B<sub>0</sub>T<sub>pj</sub>** = efecto del tipo de pastura *j* expresado como desvío del intercepto general (**B<sub>0</sub>T<sub>pj</sub>** - **B<sub>0</sub>**);

**B<sub>1</sub>j** = coeficiente de regresión que se multiplica el valor de lectura del RPM para la pastura *j* expresado como desvío a **B<sub>1</sub>** (**B<sub>1</sub>j** - **B<sub>1</sub>**), y

**e<sub>j</sub>** = error.

Como se observa en el **Cuadro 19** el modelo fue estadísticamente significativo. Cuando

se analiza cada efecto, la lectura promedio del RPM fue significativa al igual que la pendiente de la recta para cada tipo de verdeo sobre la diferencia en los valores promedios de kg MS/ha, mientras que el intercepto para el tipo de pastura no fue significativo.

A partir de ello se estimaron los parámetros **B<sub>0</sub>** y **B<sub>1</sub>** para cada los dos tipos de verdeos de verano (sorgo forrajero y sudangrás), y luego se realizaron contrastes de dichos parámetros. También se contrastaron las rectas totales.

En el siguiente **Cuadro 20**, se presentan los parámetros para cada verdeo. Cuando se realizaron los contrastes entre los dichos parámetros, se obtuvo que los interceptos no fueron diferentes estadísticamente entre sí, pero sí las pendientes de las rectas, lo que determinó que las rectas totales sean significativamente diferentes. Ello determina la necesidad potencial de considerar dos ecuaciones diferentes para cada verdeo de verano.

**Cuadro 19.** Análisis de varianza del efecto del tipo de verdeo de verano.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Modelo	3	155.977.252	51.992.417	122,65	<0,0001
Error	42	17.799.916	423.898		
Total	45	173.777.168			
R <sup>2</sup> modelo	0,897		kg MS/ha media	1967,2	0,897
Fuente	Gl	valor F	Pr>F		
Avg	1	247,07	<0,0001		
Tpastura	1	1,36	0,2504		
Avg*Tpastura	1	14,68	0,0004		



**Cuadro 20.** Estimadores de parámetros Bo y B1 para las rectas de los dos tipo de verdeos de verano.

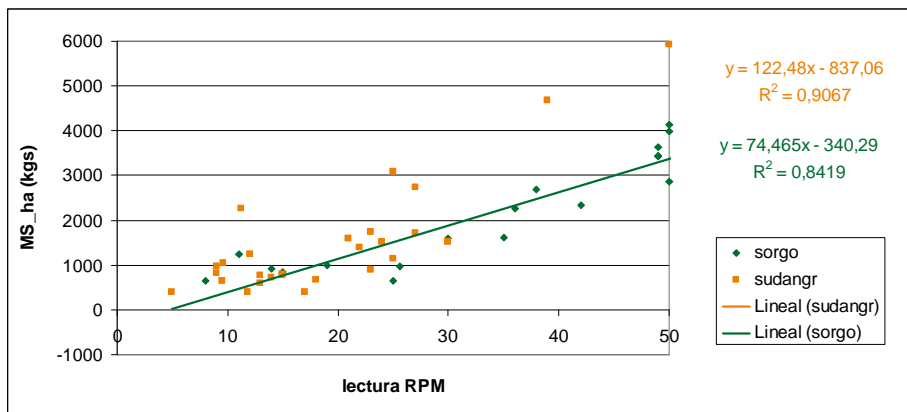
Pastura	Parámetro		
	BO	B1	
Promedio estimado	-588,67	98,47	
Sorgo forrajero	-340,29 a	74,46 a	a
Sudangrás	-837,05 a	122,48 b	b

En la **Figura 12** se ilustran las distintas regresiones para los dos tipos de verdeos de verano y se presentan sus respectivas regresiones y ajustes.

Al igual que para los VI, se destaca que se presentó una diferencia estadísticamente significativa en la ecuación de regresión, por lo que se concluye que de acuerdo a la precisión de la estimación que necesite disponer un técnico o productor para una situación particular, se deberá utilizar o no usar distintas ecuaciones según el tipo de verdeo de verano que se esté utilizando (sorgo y sudangrás). No obstante, la utilización de una única ecuación de regresión para el ajuste, igualmente permite obtener precisiones muy altas ( $R^2=0.81$ ).

Es importante mencionar que el uso del RPM en este tipo de verdeo con tendencia a la elongación de los tallos en pleno crecimiento y con un manejo inadecuado del mismo, puede llevar a un uso limitado o inexacto de esta herramienta, particularmente cuando el cultivo de verano esta en la fase de maduración.

La precisión de la estimación de la disponibilidad de forraje con el RPM, está negativamente afectada por el contenido de material muerto y el desarrollo reproductivo de las especies, particularmente en los meses de verano (Mitchell y Large, 1983) y con el efecto de superficies de suelo húmedas y con pendiente.



**Figura 12.** Regresión para cada tipo de verdeo de verano.

## 6. CONCLUSIONES

A nivel global, este trabajo de más de dos años de evaluación permitió que se disponga a nivel comercial de ecuaciones de predicción generadas con el equipo de Rising Plate Meter (RPM) para la estimación de la disponibilidad de forraje por hectárea para las pasturas más usadas por los productores en los sistemas de producción más intensivos del Uruguay.

En muchos casos, esta información se puede utilizar en otras regiones del país, donde la información es relevante porque se están utilizando las mismas combinaciones de pasturas que las estudiadas en el presente estudio. Con esta información, productores y técnicos, podrán tomar decisiones más objetivas en cuanto al manejo de pasturas y animales, tanto en aspectos tácticos (ej. cambio de animales en una pastura y momento determinado) y estratégicos (ej. presupuestación forrajeras, política de ventas de animales, cambio de base forrajera, etc.). Se necesitan herramientas objetivas, precisas, rápidas y flexibles, de bajo costo relativo y de uso eficiente de la mano de obra, para el manejo adecuado de pasturas y animales. Estas tienen un importante impacto en la productividad e ingreso del sistema productivo, es por ello que el ajuste de esta herramienta es una contribución hacia ese objetivo compartido.

A nivel más específico, el ideal sería disponer de una ecuación universal de predicción de estimación de la disponibilidad de material seca que contemplara todas las situaciones de pasturas, estaciones, etc. Como ha sido destacado en este trabajo, es lógico que ello no ocurra en los sistemas pastoriles del mundo por la importante cantidad de factores que están afectando estas asociaciones, y particularmente en el Uruguay, donde las opciones forrajeras son muy variadas así como lo son las condiciones de crecimiento estacional o la ocurrencia de eventos climático extremos (ej. sequías). Este trabajo demues-

tra que existen factores que están incidiendo en el grado de ajuste de estas ecuaciones de predicción, fundamentalmente el tipo de pastura y en algunos casos específicos la estación del año.

En ese sentido, a continuación se presentan las ecuaciones generales estimadas para la calibración del RPM en su uso como estimador de la materia seca disponible por hectárea de distintos tipo de pasturas (PP, VI, y VV). Estas ecuaciones de ajuste han sido validadas a través de un número importante de registros recolectados en un período que contempla distintos meses, años, estaciones, climas y tipo de suelos. A pesar de ser ecuaciones universales para cada tipo de pastura, se destaca que los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) tuvieron valores medios a altos (0.61 a 0.81%).

**Praderas permanentes (PP):  $149.89 + 113.90$   
x Avg  $R^2 = 0.614$**

**Verdeos de invierno (VI):  $132.00 + 100.35$   
x Avg  $R^2 = 0.638$**

**Verdeos de verano (VV):  $-670.73 + 99.98$   
x Avg  $R^2 = 0.812$**

Dependiendo del grado de precisión que se quiera alcanzar por parte de los usuarios, nuestro trabajo demuestra que es posible usar ecuaciones con mayor grado de precisión que las presentadas arriba para situaciones particulares, que contemplen el efecto específico del tipo de pastura a nivel del gran grupo de pasturas (PP; VI o VV). Ejemplo de ello, es la inclusión del efecto estacional (primavera) o del tipo de opción forrajera en la ecuación de predicción de las PP, o la discriminación entre raigrás o avena, o sorgo o sudangrás, para los cultivos forrajeros de invierno y verano, respectivamente. Estas ecuaciones podrán ir perfeccionándose en la medida que la necesidad de una mayor precisión lo justifique del punto de vista de objetivo del uso de las mismas por parte del usuario final.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**Baeza S., Paruelo J., Ayala W.** 20011. Eficiencia en el uso de la radiación y productividad primaria en recursos forrajeros del este de Uruguay Agrociencia Uruguay - Volumen 15 2:48-59.

**Bugueño, J.** 2007a. Evaluación de un medidor de materia seca de forraje por capacidad. I Análisis de los modos disponibles del equipo. (Invierno) Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (Supl. 1): 19-21 (1997).

**Bugueño, J.** 2007b. Evaluación de un medidor de materia seca de forraje por capacidad. II Análisis de los modos disponibles del equipo. (Primavera) Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (Supl. 1): 19-21 (1997).

**Cangiano, C.A.** 1996. Métodos de medición de fitomasa aérea. En: Producción animal en pastoreo. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Área de Producción Animal. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. pp.117-128.

**Currie, P.O., M.J. Morris, and D.L. Neal.** 1973. Uses and capabilities of electronic capacitance instruments for estimating standing herbage. J. Br. Grassl. Sec. 28:155-160.

**Dairy NewZealand.** 2008. Dairy NewZeland Farm Facts Bulletin. February 2008. disponible en <http://www.sidc.org.nz/files/focus-dayinsert-oct08rpm.pdf>. Acceso diciembre 2012.

**Dowdeswell.** 1998. Measuring grass growth for forage efficiency. Dairy Farmer, November, 1998.

**Farmworks,** 2008. F100 Electronics Rising Plate Meter User Manual.

**Fernández, H.H.** 2004. Estimación de la disponibilidad de pasto. INTA, Estación Experimental Balcarce, Área de Producción Animal. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 23p.

**Flynn, E. S., Dougherty, C.T. and Wendroth, Ole** 2008. Assessment of Pasture Biomass with the Normalized Difference Vegetation Index from Active Ground-Based Sensors. Agronomy Journal • Volume 100, Issue 1 • 2008

**Ganguli, A. C., Vermeire, L.T., Mitchell, R. B. and Wallace, M. C.** 2000. Comparison of four non-destructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plains. Agronomy Journal, vol 92. pp 1211 – 1215.

**Grigera, G., Oesterheld, M., Pacín, F.** 2007. Monitoring forage production for farmers' decision making. Agricultural Systems 94 (2007) 637–648

**Haydock, K.P y Shaw, N.H.** 1975. A comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture. 15 (75):663-670.

**Hodgson, J.** 1990: "Grazing management. Science into Practice", Longman Handbooks in Agriculture, p. 201.

**López, J.E., and González, A.** 2012. Measuring grass yield by non destructive methods; a review Disponible en <http://www.ciam.es/descargas/publicaciones/02-60.pdf> Acceso noviembre de 2012.

**Mannetje, L.** 2000. Measuring biomass of grassland vegetation. In: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research, 151-177. L.T Mannetje, and, Jones, R.M.Eds.). Cabi-Publishing (UK). 464 pp.

**Michalk, D.L., and Herbert, P.K.** 1977. Assessment of four techniques for estimating yield on dryland pastures. Agron. J. 69:864–868.

**Mitchell, P., and Large, R.V.** 1983. The estimation of herbage mass of perennial ryegrass swards: a comparative evaluation of a rising-plate meter and a single-probe capacitance meter calibrated at and above ground level. Grass and Forage Science 38: 295-299.

**Montossi, F.; Berretta, E.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Bemhaja, M.; San Julián, R.; Risso, D.; y Mieres, J.** 1998. Estudios de selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto. En: Seminario sobre actualización de tecnologías para el basalto, INIA, Serie Técnica 102, pp 257-285.

**Montossi, F.; Fernández E.; Baldi F.; Brito, G.; Banchemo, G.; La Manna, A.; Restaino, E., Perez, E.** 2011. La invernada vacuna de precisión para el Uruguay del siglo XXI: Enfoques de un modelo en construcción propuesto por INIA. Jornada Técnica Herramientas y estrategias para una invernada de precisión. Serie de Actividades de difusión, Num 645.

**Lopez-Guerrero, I.** 2005. Estimating forage mass of tall fescue pastures and dry matter intake and Digestibility of Fescue forage by beef steers. PhD Thesis dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University 142

**López, J. E. González, A., and Vázquez, O.P.** 2008. Revisión de métodos no destructivos de estimación de biomasa aérea en pastos. Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 47., Córdoba (España), 21-24 Abr 2008. p.315-321.

**Rayburn, E. and Lozier, J.** 2003. A Falling Plate Meter for Estimating Pasture Forage

Mass.Extension Service. West Virginia University Nov. 2003.

**Rayburn, E. B., Lozier, J. D., Sanderson, M. A., Smith, B. D., Shockey, W. L., Seymore, D. A., and Fultz, S. W.** 2007. Alternative methods of estimating forage height and sward capacitance in pastures can be cross calibrated. Online. Forage and Grazinglands :10.1094/FG-2007-0614-01-RS.

**Research and Development Brief.** 2008. Meat and Wool bulletin. New Zealand.. Number 137 October 2008

**Saavedra, M.C.** 2002. Comparación entre métodos de estimación de disponibilidad de materia seca en praderas naturales de la VI Región. Residencia requisito para título de Ing. Agr. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Zootecnia. 123p.

**Sanderson, M. A.; Rotz, C.A.; Fultz, S. W. and Rayburn, E.B.** 2001. Estimating forage mass with a commercial Capacitance Meter, Rising Platometer and Pasture Ruler. Agronomy Journal. Vol 93: 1281 -1286.

**Silveira, Carolina.** 2009. Efecto de diferentes proporciones de pastura y grano en la dieta de corderas cruzas, sobre la calidad de carne, particularmente referida al valor nutritivo de la misma. Tesis de grado. Montevideo, Facultad de Agronomía. 271p.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1

#### PROTOCOLO DE MEDICIONES EN LOS ESTABLECIMIENTOS

##### 1) SEGUIMIENTO GENERAL DE PASTURAS

Mediciones con el Rising Plate Meter (RPM)

- Se deberán tomar mediciones de altura comprimida de forraje en todos los potreros del establecimiento preferentemente.
- Para la toma de mediciones en cada potrero, se deberá recorrer en lo posible todo el potrero. De no ser posible, se deberá tomar medidas en una zona representativa al mismo, tratando de contemplar la variación en tipo de suelo, terreno, etc.
- Se deberán tomar al menos 30 registros contemplando la variación mencionada arriba.
- Se deberá evitar tomar muestras sobre zonas afectadas por huellas de tractor, de animales, terreno desperejo, malezas de alto porte, etc., ya que puede afectar la lectura del RPM.
- Una vez finalizado el potrero registrar en la planilla preimpresa:
  - o Número de potrero
  - o Altura comprimida acumulada
  - o Número de tomas (registros)
  - o Promedio de altura comprimida
  - o Observaciones: registrar cualquier observación pertinente, por ejemplo estado de las pasturas, grado de enmalezamiento, tiempo de pastoreo o descanso, cargo, fertilización, etc.
- Sería conveniente tomar 1 o 2 muestras de pasturas representativas del potrero en cuestión, a los efectos de calibrar el Rising Plate Meter para dicha pastura, en la medida de que el estado de la pastura lo justifique (Por ejemplo, pastura en buen estado, libre de malezas).

- Como no es posible abarcar todos los potreros, se deberán elegir cuales potreros (especies forrajeras) a tomar muestra de calibración. El criterio para la elección deberá ser la de aquellas cadenas forrajeras que sean las más representativas para el establecimiento, que sean representativas de la mezcla en cuestión (que este en buen estado y libre de malezas), etc.

- Muestra para la calibración del RPM:

- 1) Medir donde se va a cortar la muestra con el RPM (ref.1)
- 2) Registrar el dato y anotarlo en la planilla (como información adicional al potrero que se tomo la medida con RPM, vinculándolo con el mismo).
- 3) Colocar un cuadro de 50 x 20 cm sobre la zona medida con el RPM.
- 4) Cortar con tijera el pasto disponible
- 5) Colocar la muestra en una bolsa con una etiqueta que identifique: Nombre de productor, fecha de muestreo, potrero de referencia, tipo de pastura, destino de muestra y alguna observación pertinente en caso de ser necesario.
- 6) Conservar la muestra en la heladera hasta que sea pesada como verde y seca luego de ser llevada a estufa.

##### 2) SEGUIMIENTO DE PASTURAS CON JAULAS DE EXCLUSIÓN

Algunos de los establecimientos que se están siguiendo, 5 de los 10, tienen entre 1 y 3 jaulas de exclusión para estimar el crecimiento de las distintas pasturas a través de la metodología de jaulas móviles. En los potreros que estén colocadas las jaulas requerirán de un seguimiento adicional a las mediciones con el RPM únicamente.

Procedimiento de Jaulas móviles para la estimación de crecimiento de pasturas.

En cada Jaula se deberá:

- 1) Medir la altura del forraje con el RPM dentro de la jaula en las dos zonas en

donde se va a realizar corte con tijera.

- 2) Registrar los valores de altura comprimida de las dos submuestras.
- 3) Colocar un cuadro para corte de pastura en cada zona medida con el RPM y cortar las dos muestras de pasturas.
- 4) Colocar las muestras de pasturas en dos bolsas separadas, identificando: Nombre del establecimiento, fecha, número de potrero, número de jaula, número de submuestras, mezcla forrajera, objetivo de muestra (en este caso MS, botánicos y análisis nutricional).
- 5) Tomar registro con RPM, como base 0 y anotar en planilla el dato\*.
- 6) Anotar en planilla toda observación que sea pertinente. Re-ubicación de la jaula
- 7) Elegir un nuevo lugar para la ubicación de la jaula.
- 8) Cortar la pastura al ras (dejando menos de 1,5 cm) con la tijera eléctrica en donde se va a colocar la jaula.
- 9) Cerrar la jaula verificando que las estacas la fijen al suelo.
- 10) A la siguiente visita repetir el protocolo, volviendo a re-ubicar la jaula.
- 11) Las muestras recolectadas deben ser llevadas a heladera mientras no sean procesadas.

\*Se entiende que la diferencia de altura del RPM entre la base 0 y el registro de la pastura se debe al crecimiento desde la última medida hasta la actual (generalmente serán 30 días).

Luego de procesadas las muestras de pasturas obtenidas de la jaula, se corroborara la estimación de crecimiento.

En el caso de que la MS disponible bajo la jaula sea tan baja que puede estar dando un error si se hace corte, no se harán muestras de corte y se procederá a registrar únicamente la altura comprimida medida con el RPM dentro de la jaula, registrándose la altura promedio en una planilla. Es muy importante aclarar en las observaciones que no se corto. Esto implicará que al mes siguiente

se registrará con el RPM y el corte, un crecimiento de 60 días.

### 3) PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE PASTURAS OBTENIDAS

Una vez en el laboratorio el procesamiento de las muestras para calibración del Rising Plate Meter así como las obtenidas para la estimación de crecimiento deben ser manejadas de la misma manera.

- 1) Las muestras se deben pesar individualmente, registrando el peso verde en una planilla.
- 2) Deben ser secadas a estufa a 60 °C por aprox. 24 horas.
- 3) Sacar muestra de estufa y registrar el peso seco.

Para el cálculo de disponibilidad de materia seca por hectárea, se debe llevar el equivalente del peso seco de la muestra (0,1 m<sup>2</sup>) al equivalente 1 ha.

Por ejemplo, si la muestra fue obtenida de un cuadro de 20 x 50 cm, y el peso seco fue de 3,1 gramos para pasarlo a hectárea:

$$\text{en } 0,1 \text{ m}^2 \text{-----} 5,1 \text{ g}/1000 = 0,0051 \text{ kg MS}$$

$$\text{En } 10000\text{m}^2 \text{ (1 ha)-----} \text{ X (MS/ha)}$$

$$\text{X} = \frac{0,0051 * 10000}{0,1} = 510 \text{ MS kg /ha}$$

El procedimiento para estimas la MS/ha es el mismo independiente si fue para calibración del RPM o si es para estimación del crecimiento. El técnico debe relacionar la muestra con la información obtenida en el campo para saber si los kg de MS obtenidos son de calibración o si se refiere a crecimiento.

Si la muestra se refiere a calibración del RPM, se deberá relacionar la lectura obtenida por el RPM en el campo (ref.1) con la muestra de MS.

Por ejemplo si la lectura fue de 2,3 se relacionara con los 510 kg de MS/ha a los efectos del armado de base de datos para un posterior análisis y calibración del RPM.

Si la muestra se refiere a crecimiento, deberá saber cuantos días fueron desde la ubicación de la jaula hasta que se hizo el corte

a los efectos de calcular el crecimiento de MS/ha/día.

En el caso de la muestra del ejemplo, suponiendo que fueron 30 días, el crecimiento por día es de  $510/30$ , lo que representa 17kg de MS/ha/día.





# CAPÍTULO IV

## CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE PASTURAS Y FORRAJES EN PREDIOS DEL GIPROCAR II: DISPONIBILIDAD, CRECIMIENTO, COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y VALOR NUTRITIVO.

Fabio Montossi<sup>1</sup>, Daniel Gutiérrez<sup>2</sup>, María Isabel Pravia<sup>2</sup>, Virginia Porcile<sup>3</sup>, Robin Cuadro<sup>4</sup>, Martín Jaurena<sup>4</sup>, y Walter Ayala<sup>5</sup>

### 1. OBJETIVOS

Los objetivos del presente artículo son:

- Validar la tecnología de utilización de la altura comprimida, medida por el RPM (Rising Plate Meter), como herramienta para la estimación de la disponibilidad del forraje para animales en pastoreo a nivel de predios de productores del GIPROCAR II.
- Evaluar las tasas de acumulación de forraje de las diferentes pasturas y forrajes utilizados por los productores y comparar las mismas con la información disponible a nivel de centros de investigación nacional.
- Caracterizar y evaluar el nivel de fertilidad de suelos donde se midieron las tasas de crecimiento a nivel de los predios así como la composición botánica y valor nutricional del forraje producido por diferentes cadenas forrajeras y especies representativas del GIPROCAR II.

### 2. METODOLOGÍA UTILIZADA

Entre diciembre del año 2008 y diciembre de 2011, en 10 establecimientos selecciona-

dos por los equipos técnicos de INIA y FUCREA, ubicados en distintos puntos del país se efectuaron mediciones mensuales de la tasas de acumulación de forraje (medido con jaulas de exclusión) y disponibilidad de materia seca (MS) por unidad de superficie (hectárea) mensual a través de la medición de altura de forraje comprimida por la técnica de RPM (descrita por Pravia *et al.*, en esta publicación).

A nivel de cada establecimiento se realizaron mediciones de la biomasa de forraje disponible (en kgMS/ha) en cada potrero, por mezcla forrajera y se realizaron comparaciones entre los 10 predios. A su vez, para cada opción forrajera o potrero se realizaron una serie de observaciones de campo: grado de enmalezamiento, estado fenológico de las diferentes especies, especies dominantes, manejo, etc. Cada productor recibía un informe mensual sobre la evolución de disponibilidad de forraje para cada tipo de pastura de su predio. También estos disponían de un promedio de la disponibilidad de forraje en todo el establecimiento, y contaban con información adicional sobre la composición botánica y valor nutritivo de las pasturas y forrajes de las cadenas forrajeras utilizadas por estos productores.

<sup>1</sup> Ing. Agr. PhD. Responsable por INIA – GIPROCAR II y Director Programa Nacional de Carne y Lana, INIA

<sup>2</sup> Ing. Agr. INIA/FUCREA. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA

<sup>3</sup> Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA

<sup>4</sup> Ing. Agr. Programa Nacional Pasturas y Forrajes, Tacuarembó.

<sup>5</sup> Ing. Agr. PhD. Director Regional, INIA Treinta y Tres

### 3. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el **Cuadro 1**, se presenta una caracterización general de los 10 predios de productores del GIPROCAR II, donde se concentraron las mediciones de pasturas. Los 10 productores del inicio del Proyecto, donde se realizó el seguimiento se caracterizaron por:

- a) Pertener a 5 departamentos del País, con mayor proporción de los departamentos de Colonia y Soriano.
- b) Ser miembros de seis grupos CREA, principalmente grupos "Treinta y Tres", "54" y "Cololó".
- c) Representar un amplio rango de Índice CONEAT, de 81 a 178, con un promedio de 120.
- d) Representar un amplio rango de tamaño de establecimientos, de 366 a 1486 has, con un promedio de 926 has.
- e) Del área total de los establecimientos, la superficie de pastoreo ganadera representaba entre el 45 y 100%, siendo el promedio 74.3%.
- f) De la superficie de pastoreo, se destacan las siguientes pasturas -en orden de importancia- (en % promedio; rango en %): praderas (41%; 0-70%), mejoramientos (27.9%; 0-91%; cultivos de invierno (13.2%; 0-25%), campo natural (10.8%; 0-39%), superficie para henificar (6%; 0-12.4%) y cultivos de verano (0.2%; 0-9%).
- g) La producción de peso vivo (PV) por unidad de superficie fue de 245 kg, con un rango de 151 a 351 kg PV/ha.
- h) Manejar una carga promedio anual de 1.1 UG/ha, con un rango de 0.85 a 1.61 UG/ha.

A modo de ejemplo (**Cuadro 2**) se presenta un informe tipo del seguimiento mensual de las pasturas de uno de los 10 predios de seguimiento, entregado por técnicos de INIA, donde se muestra la composición de la base forrajera de la superficie de pastoreo, altura promedio medida con RPM y su conversión a disponibilidad de forraje. Esta fue calculada según las ecuaciones de calibración estimada por tipo de pastura (Pravia *et al.*, en esta publicación).

Cuadro 1. Descripción de cada uno de los predios del presente trabajo.

Predio	“Santa Francisca”	“Tierra Negra” y “Don Magín”	“La Paisanita”	“Santa Aurea”	“El Estribillo”
Propietario/s	J.Hareau	B.Hareau	P.Olivera	M. Lavista	E. Peyronel
Ubicación:	Mercedes, Soriano	Mercedes, Soriano	F. Sánchez, Colonia	Risso, Soriano	Taratiras, Colonia
Grupo CREA	Cololó	Cololó	54	Dos banderas	54
Grupos de suelos	11.5 (27%) 9.1 (17%) 9.5 (15%), 10.1 (13%) 10.15 13%) 0.340 (11%)	10.1 (36%) 10.15 (18%) 9.1 (16%) 11.6 (12%) 11.5 (11%) 03.40 (4%)	5.02b (3%) 5.01b (28%) 5.01c (19%) 10.3 (5%) 5.5 (3%)	5.02b (70%) 10.3 (20%) 10.1 (10%)	5.02b (42%) 10.12 41%) 10.3 (17%)
CONEAT	149	178	81	s/d	140
Sup. Tot. (has)	1258	958	1486	944	687
SP (has, % área total):	659 has (45%)	503 has (52%)	1068 has (80%)	534 has (57%)	427 has (64%)
Praderas (has,% SP)	152 has (23%)	161 has (32%)	576 has (54%)	226 has (42%)	206 has (48%)
Mejoramientos					
(has, % SP)	312 has (47%)	294 has (58.5%)	33 has (3%)	50 has (9%)	114 has (27%)
V.Inv.(% SP)	10 has (2%)	15 has (3%)	267 has (25%)	121 has (23%)	73 has (17%)
V. Ver. (% SP)	0	0	93 has (9%)	11 has (2%)	0
CN(% SP)	170 has (26%)	6 has (1.2%)	21 has (2%)	85 has (16%)	0
Sup.p/henificar (% SP)	15 has (2%)	21 has (4.3%)	77 has (7%)	42 has (8%)	34 has (8%)
Prod.carne (kg/ha SP)	216	300	288	282	211
Dotación promedio (UG/ha) y por estación	1,2 UG/ha (otoño:1,01; invierno:1,16; Primav.:1,38; verano:1,27)	1,36 UG/ha (otoño:1,04; invierno:1,2, primavera: 1,62; verano:1,51)	1,61 UG/ha (otoño: 1,95; invierno: 1,64; primavera: 1,52; verano:1,35	0,85 UG /ha (otoño: 1,0; invierno: 0,64; primavera: 0,83; verano: 0,93)	1,23 UG/ha (otoño:1,11; invierno: 1,23; primavera: 1,3 verano: 1,24)

Referencias: Sup. Tot: superficie total; SP: superficie de pastoreo; V.Inv.: verdeos de invierno, V. Ver.: verdeos de verano, CN: campo natural, Sup. p/henificar: superficie para henificar; y sd: sin información.

Cuadro 1. Descripción de cada uno de los predios del presente trabajo (continuación).

Predio	"La Reserva"	"La Cartuja"	"El Amanecer"	"Manchega" y "Te- rrazas"	"Macondo"
Propietario/s	S. Jorajuría	M. Gigena	C. Ceroni	M. Rodríguez	M.E.Ohleguy A. Leaniz
Ubicación:	Campana, Colonia	Palo a Pique, T. y Tres	Palo a Pique, T. y Tres	Maldonado	La Macana, Florida
Grupo CREA	La Maroma	T. y Tres	T. y Tres	T. y Tres	Ganaderos de Florida
Grupos de suelos	10.5 (33%) 03.52 (33%) 10.8b (28%) 10.6a (6%)	2.21 (74%), 3.2 (13%), 3.31 (9%), 2.12 (3%)	2.21 (46%) 2.20 (42%) 3.31 (9%) 3.15 (2%)	2.12 (39%) 2.21 (39%), 2.11b (11%) 2.10 (5%) 10.7 (2%) 3.2 (1%), 3.31 (1%) 3.54 (1%)	5.02b (49) 5.3 (4%) 5.4 (18%) 10.12 (17%) 10.3 (3%) 03.30 (9%)
CONEAT (promedio)	159	91	86	82	114
Sup. Tot. (has)	366 has	672 has	1200 has	862 has	987 has
SP (has, % área total):	208 has (57%)	631 has (94%)	1200 has (100%)	862 has (100%)	928 has (94%)
Praderas (% SP)	146 has (70%)	258 has (41%)	108 has (9%)	255 has (30%)	251 has (27%)
Mejoramientos(% SP)	0	25 has (4%)	1095 has (91%)	189 has (22%)	357 has (39%)
V.Inv.(% SP)	37 has (18%)	15 has (2.4%)	0	0	31 has (3%)
V. Ver. (% SP)	11 has (5%)	7.6 has (1.2%)	0	0	6 has (1%)
CN (% SP)	14 has (7%)	244 has (39%)	0	363 has	240 has (26%)
Sup. p/henificar (% SP)	0	78 has (12.4%)	0	56 has (6%)	37 has (4%)
Prod.carne (kg/ha SP)	351	169	239	151	245
Dotación (UG/ha)	1,36 UG/ha (otoño: 1,04; inv.: 1,08; primavera:1,55; verano:1.55)	0,88 UG/ha(otoño: 0,94;inv.:0,85; prim.:0,86; erano:0,86)	1,01 UG/ha(otoño: 1,09; invierno: 0,84; prim.: 0,99; verano:1,10)	0,88 UG/ha(otoño: 0,78; invierno:1,0; primavera: 0,89; verano:0,84)	1,06 UG/ha(otoño: 0,9; invierno: 1,12; prim.: 1,14; verano:1,07)

Referencias: Sup. Tot: superficie total; SP: superficie de pastoreo; V.Inv.: verdeos de invierno; V.Ver.: verdeos de verano; CN: campo natural; Sup. p/henificar: superficie para henificar; y sd: sin información.

**Cuadro 2.** Ejemplo de informe de seguimiento mensual de pasturas del Proyecto GIPROCAR II.

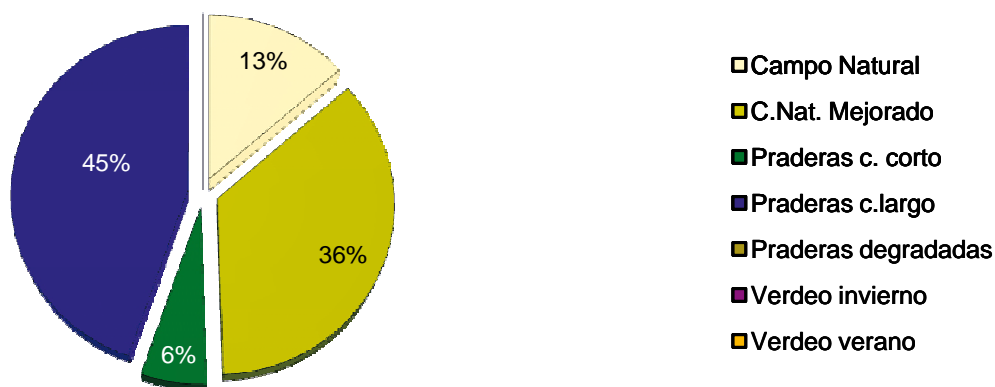
PRODUCTOR: Enrique Peyronel  
 ESTABLECIMIENTO: El Estribillo  
 UBICACION: Tarariras-COLONIA

MES: Diciembre 2011  
 Fecha de visita: 21/12/11

**RESUMEN DE LA BASE FORRAJERA**

<b>BASE FORRAJERA</b>	<b>Has</b>	<b>%</b>
Campo Natural	33	14%
Campo Natural Mejorado	88	36%
Praderas Ciclo Corto	14	6%
Praderas Ciclo Largo	109	45%
Praderas Degradadas		
Verdeo Invierno		
Verdeo Verano		0%
<b>Total Superficie Pastoreo</b>	<b>244</b>	
Semilleros	40	
Barbecho		
En Agricultura	358	
<b>Total Superficie</b>	<b>642</b>	

**Base forrajera**  
 (aporte porcentual por superficie ocupada)



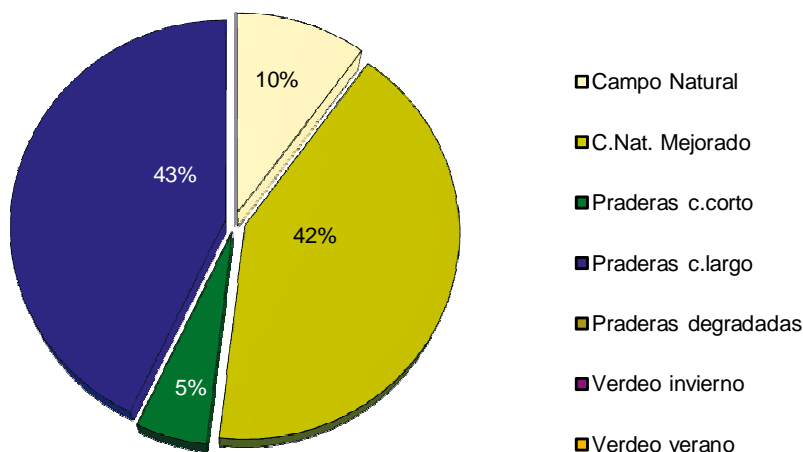
Resultado de estimación de materia seca con Rising Plate Meter

BASE FORRAJERA	RPM *	Disponibilidad	Aporte Total de MS	
		MS (kg/ha)**	(kg/base forrajera)	%
Campo Natural	14.1	1788	58.990	10%
C. Nat. Mejorado	20.7	2793	244.755	42%
Praderas C. Corto	16.7	2175	30.457	5%
Praderas C. Largo	17.5	2308	251.557	43%
Praderas Degradadas				
Verdeo Invierno				0%
Verdeo Verano				
<b>Total Superficie Pastoreo</b>			<b>585.759</b>	<b>100%</b>
Promedio	18.2	2404		
Mínimo	11.0	-699		
Máximo	2.060.6	4457		

\* Promedio ponderado. Considera la altura comprimida de cada potrero prorrateado por la superficie del mismo

\*\* Promedio ponderado. Considera la producción estimada promedio en Kg de MS/ha de cada potrero  
Estimación realizada mediante ajuste del Rising Platemeter, el cual considera una precisión del 70%

**Disponibilidad de materia seca (kg/ha)**  
(aporte porcentual por base forrajera)



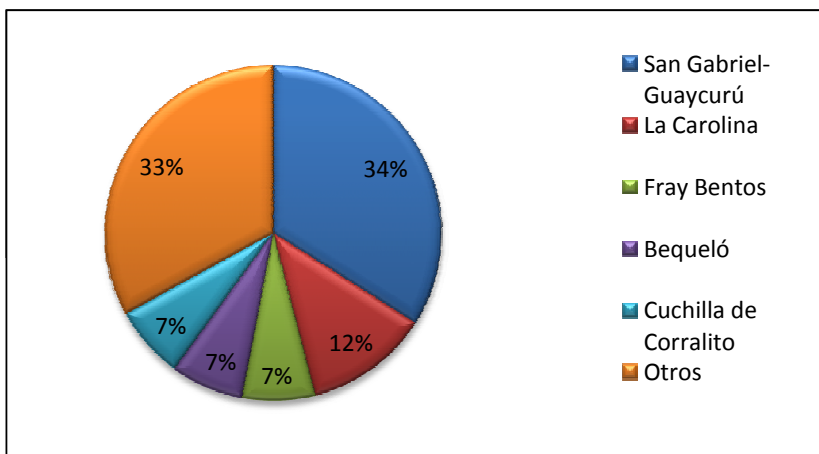
Esta información procesada por el INIA sirvió para el proceso de toma de decisiones de corto y mediano plazo de los productores y técnicos en cuanto al manejo y utilización de pasturas, y por lo tanto para la realización

de presupuestaciones forrajeras y evaluaciones sobre el logro o no de los objetivos de producción animal y la potencial elección de medidas correctivas para ambos componentes (animales y pasturas).

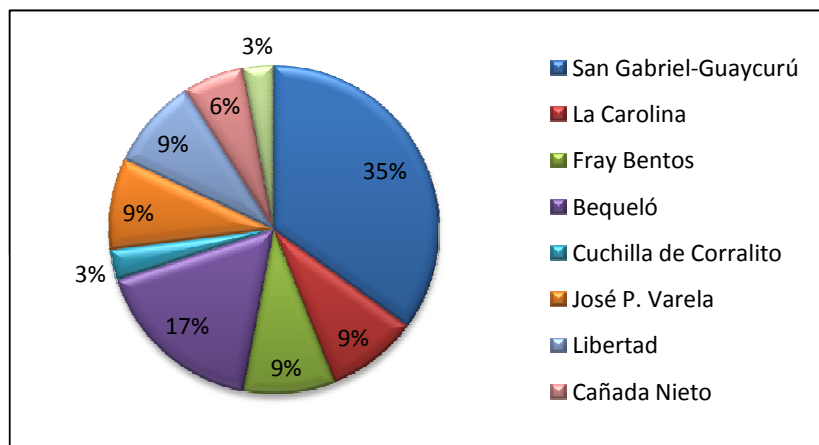
#### 4. CARACTERIZACIÓN DE SUELOS DE LOS PREDIOS PARTICIPANTES.

El 34% de los predios que participaron del presente Proyecto se encuentran sobre suelos de la Unidad San Gabriel-Guaycurú,

el 12% sobre La Carolina, el 7% sobre la Unidad Fray Bentos, el 7% sobre Bequeló, el 7% sobre Cuchilla del Corralito y el 33% restante sobre otras Unidades. Adicionalmente, en la **Figura 1** se presenta el porcentaje de predios según la Unidad de Suelos dominante.



**Figura 1.** Superficie total (%) del Proyecto según Unidad de Suelos.



**Figura 2.** Porcentaje de predios integrantes del Proyecto por Unidad de Suelos dominante.

A modo descriptivo se muestran los resultados del análisis químico de los diferentes tipos de suelos de la zona Litoral y Este del

país, con diferentes pasturas implantadas (**Cuadros 3 y 4**).

**Cuadro 3.** Resultados de análisis de suelo correspondientes a zonas de medición de la tasa de acumulación de forraje en las diferentes pasturas evaluadas (Profundidad de muestreo 0 – 10 cm).

Tipo pastura	Año de Siembr Edad pastura al muestreo (años)a	Especies	Zona	C.Org %	N %	Bray I µg P/g	Resinas µg P/g	Cítrico µg P/g	Textura (Familia Textural)			
									% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación
P.C.L	Año 2	Festuca	Litoral	2.19	0.21	13.4	13.4	11.0	41	27	32	
P.C.C.	Año 2	Cebadilla + T. rojo	Litoral	2.39	0.24	28.9	24.8	30.7	47	27	26	Franca
P.C.L.	Año 1	Dactylis + Alfalfa	Litoral	2.32	0.23	32.9	7.0	32.2	45	27	27	Franca
P.C.L.	Año 1	Festuca + T.blanco	Litoral	2.16	0.22	11.2	15.3	12.6	40	28	33	Franca
CN Mej.	Año 6	T. blanco + T. rojo + <i>L. corniculatus</i>	Litoral	4.34	0.43	39.5	72.6	55.9	71	17	12	Arenosa
P.C.C.	2008	Cebadilla + T.rojo	Litoral	1.71	0.18	13.3	21.1	16.7	56	24	21	Franco Arenosa
P.C.L.	2007	Cebadilla + Alfalfa	Litoral	2.90	0.3	21.1	33.9	23.6	49.8	21.2	29.0	Arenosa Arcillosa
CN Mej.	2004/07	Lotus Rincón + Lotus Maku + Raigrás	Este	1.80	0.2	1.8	1.8	3.3	62.7	20.4	16.8	Franco Arenosa
P.C.L.	2007	Festuca + T. rojo + <i>Lotus corniculatus</i>	Litoral	2.08	0.21	4.9	3.4	4.7	35	34	31	Franca
P.C.C.	2007	Cebadilla + T. rojo	Litoral	2.09	0.21	3.6	6.0	6.8	33	33	34	Franca
P.C.L.	2007	T.blanco + T. rojo + <i>Lotus corniculatus</i> + Raigrás	Este	2.3	0.2	1.9	1.7	4.9	36.1	44.7	19.2	Franca
CN Mej.	2003	Lotus El Rincón	Este	2.7	0.3	3.0	2.1	4.4	42.8	37.4	19.9	Franca

Referencias: Tipos de Pasturas (P.C.L.: pradera ciclo largo; P.C.C.: pradera ciclo corto; CN Mej: campo natural mejorado). Año: Año de implantación. C. Org.: Carbono Orgánico. N: Nitrógeno.



**Cuadro 4.** Resultados del análisis de suelo correspondiente a zonas de medición de las tasas de acumulación de forrajes en las pasturas evaluadas (Profundidad de muestreo 0 – 10 cm).

Tipo pastura	Año de Siembra	Especies	Suelo	Zona	Meq/100 g						% sat Bases	
					Ca	Mg	K	Na	A. Tit.	ClCpH7		Bases T.
P.C.L.	2008	Festuca	10.1	Litoral	18.3	3.3	0.37	0.25	4.6	26.8	22.3	82.9
P.C.C.	2008/09	Cebadilla + T. rojo	10.3	Litoral	11.8	2.2	0.40	0.31	6.3	21.0	14.6	69.8
P.C.L.	2009	Dactylis + Alfalfa		Litoral	16.9	2.7	0.36	0.23	5.8	25.9	20.1	77.7
P.C.L.	2009	Festuca + T. blanco		Litoral	18.2	3.8	0.37	0.14	2.7	25.1	22.5	89.4
CN Mej.	2004	T. blanco + T. rojo + <i>L. corniculatus</i>	10.1 -10.15	Litoral	8.8	2.9	1.68	0.16	7.1	20.5	13.5	65.6
P.C.C.	2008	Cebadilla + T. rojo	10.1 -10.15	Litoral	9.5	2.4	0.41	0.28	3.4	16.0	12.6	78.8
P.C.L.	2007	Cebadilla + Alfalfa	10.1 - 10.15	Litoral	21.0	2.5	0.5	0.2	6.2	30.3	24.1	79.3
CN Mej.	2004/07	Lotus Rincón + Lotus Maku + Raigrás	2.20 -2.21	Este	4.5	1.8	0.2	0.2	5.3	12.0	6.7	55.6
P.C.L.	2007	Festuca + T. rojo + <i>Lotus corniculatus</i>	5.02b	Litoral	14.5	3.6	0.47	0.20	4.6	23.5	18.8	80.3
P.C.C.	2007	Cebadilla + T. rojo	5.02b -10.3	Litoral	21.9	1.9	0.61	0.12	0.7	25.2	24.5	97.2
P.C.L.	2007	T.blanco + T. rojo + <i>Lotus corniculatus</i> + Raigras	2.12 -2.21	Este	5.5	2.3	0.3	0.3	6.7	15.2	8.5	56.2
CN Mej.	2003	Lotus El Rincón	2.12-2.21	Este	7.5	2.3	0.7	0.3	5.9	16.6	10.7	64.2

Referencias: Tipos de Pasturas (PCL: pradera ciclo largo; PCC: pradera ciclo corto; CN Mej: campo natural mejorado). Año: Año de implantación. CIC pH7: Capacidad de Intercambio Catiónico a pH7. A. Tit: Acidez titulable. Bases T.: Bases Totales. % Sat Bases: Porcentaje de saturación de bases (Profundidad de muestreo 0 – 10 cm).

Como se observa en los **Cuadros 3 y 4**, los valores de porcentaje de saturación en bases y pH, coinciden con lo ya descrito por Barbazán *et al.* (2008) ubicándose la mayor parte de los suelos muestreados con valores mayores del 50% de saturación en bases y valores de pH mayores de 5.5.

La mayoría de los suelos del Litoral Oeste presentan, en general, una buena disponibilidad de K para la producción de pasturas y cultivos extensivos. Se presentaron situaciones (contenidos <0.35 Meq./100 g suelo), donde se debería controlar la evolución de la disponibilidad de este nutriente en el suelo y eventualmente tomar acciones correctivas. Estas situaciones se verifican cuando se establecen rotaciones de alta intensidad, productividad y alta extracción de este nutriente (García, 2012). También se observaron que las menores concentraciones de dicho elemento estuvieron localizadas en los suelos sobre Planicies y Lomadas. Aunque aún no se han establecido en el País niveles o umbrales críticos consensuados para K de acuerdo al tipo de suelos, se han sugerido los valores de 0.15 mg/kg para suelos arenosos, 0.25 mg/kg para suelos medios y más de 0.35 mg/kg para suelos muy arcillosos, como tentativos para la mayoría de los cultivos que se emplean en Uruguay (Hernández, 1997, citado por Barbazán, *et al.*, 2008).

La mayoría de los suelos del Litoral presentaron contenidos de P superiores a 11 mg/kg (Bray-1). Dicho valor se encuentra por encima del valor crítico requerido para la implantación de gramíneas (Castro *et al.*, 1976), no así para las leguminosas como Trébol blanco o Trébol rojo donde los valores críticos se encuentran entre 12-16 mg/kg (Bray-1) para suelos de texturas medias y pesadas del Sur y Litoral de Uruguay (Bordoli, 1998; Castro, *et al.*, 1976).

Adicionalmente, para suelos de texturas medias y pesadas del Litoral Oeste y Sur del País, los rangos de niveles críticos de P disponible (Bray-1) recomendados para la instalación de leguminosas varía según la especie considerada: Alfalfa (20-25 mgP/kg),

Trébol blanco (15-16 mgP/kg), Trébol rojo (12-14 mgP/kg), *Lotus corniculatus* (10-12 mgP/kg), y Gramíneas (8-10 mgP/kg) (Hernández, 2008).

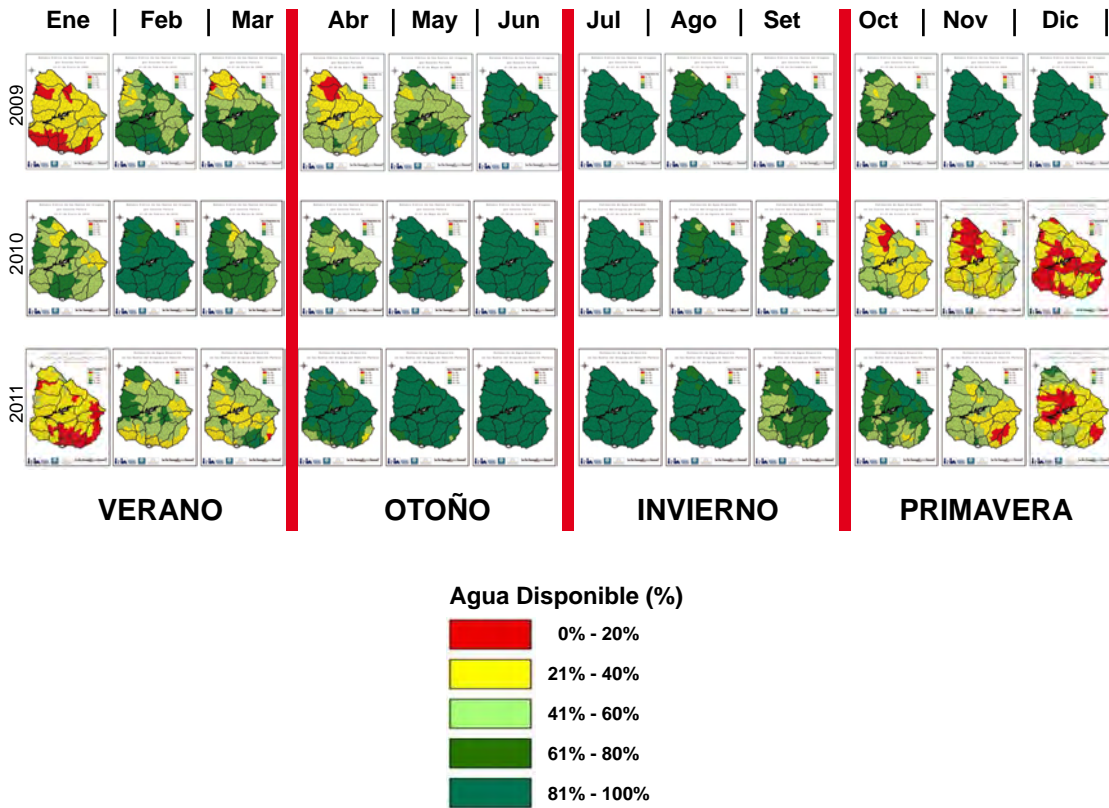
Por otro lado, los suelos ubicados en el Este del País presentan valores de P en el suelo y de K por debajo de los niveles críticos recomendados para la implantación y persistencia de las pasturas de gramíneas y leguminosas estudiadas.

## 5. CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA DURANTE EL TRASCURSO DEL PROYECTO

En la **Figura 3**, se presenta la estimación del Porcentaje de Agua Disponible en el Suelo (ADS) por Sección Policial, en forma mensual, para los 3 años en estudio del Proyecto. La misma se realizó en base a los datos del Modelo de Balance Hídrico para los Suelos del Uruguay (BHSU), que elabora la Unidad GRAS del INIA (Anexo 1). Cabe aclarar que los resultados del BHSU realizan una estimación del contenido de agua disponible de una región considerando el tipo de suelo, la precipitación efectiva, la demanda potencial de agua de la atmósfera y la transpiración de la vegetación.

Como se muestra en la **Figura 3**, los tres años fueron diferentes, cada uno con sus particularidades. En el verano 2009, se inició con la continuación de la sequía que comenzó en 2008, o sea con un bajo contenido de agua disponible en el suelo con niveles críticos menores a 40% de agua disponible en el suelo (colores amarillo y rojo), explicado ello por el efecto del fenómeno de "La Niña". En Febrero y Marzo 2009, se mejoró la situación y luego ocurrió un nuevo período de sequía hacia parte del otoño. Este efecto resultó en un menor crecimiento y disponibilidad de forraje para dicho período (**Figuras 4, 5 y 8**).

El año 2010, también fue particular desde el punto de vista climático y se caracterizó por la presencia del efecto de "El Niño", registrándose un verano lluvioso y bastante por encima del promedio histórico, asociándose



Fuente: Unidad GRAS del INIA (<http://www.inia.org.uy/online/site/14766811.php>).

**Figura 3.** Agua Disponible (%) en el suelo por mes para los 3 años (2009, 2010 y 2011) de monitoreo del Proyecto para pasturas y forrajes según mes de muestreo.

a esto las altas disponibilidades de forraje obtenidas para dicho periodo (**Figuras 4 y 5**). Sin embargo, posteriormente se registró una primavera y verano 2011 seco, en algunas zonas del Noroeste y Litoral Este del país, volviendo así a ocurrir condiciones de presencia relativa de sequía hacia la primavera del año 2011.

A modo de síntesis, se observa claramente que existieron dos veranos con sequías (particularmente entre enero 2009 y ene-

ro a marzo 2011) y uno lluvioso en el año 2010. La primavera 2009 resultó con una mayor disponibilidad de agua en el suelo, mientras que las dos primaveras siguientes (2010 y 2011) fueron más secas. Los otoños fueron bastantes similares siendo más secos o con menor ADS en el año 2009, y para los inviernos, las condiciones fueron bastante similares entre años, presentándose el año 2009 más cerca de situaciones de saturación de agua en los suelos (color verde) en comparación al resto de los años evaluados.

## 6. DETERMINACIONES DE ALTURA Y DISPONIBILIDAD DE FORRAJE EN LOS PREDIOS DE LOS PRODUCTORES CON EL RPM.

A continuación se grafica (Figura 4) la evolución mensual, desde diciembre del año 2008 a diciembre del año 2011, de la disponibilidad de forraje promedio de todas las pasturas muestreadas en cada establecimiento. Independientemente de la oferta de forraje de cada unidad productiva, se puede observar que, en general, la evolución y variación entre años fue similar para el promedio de las pasturas muestreadas en cada predio. Se destaca claramente la incidencia del clima y específicamente de la disponibilidad de agua en el suelo sobre el crecimiento forrajero y por ende en la disponibilidad de forraje, resultando en menores y decrecientes tasas de crecimientos en los 2 veranos secos (2009 y 2011), donde las ADS fueron menores al 20 ó 40%. En el verano 2009, se obtuvieron disponibilidades entre 300 y 1100 kg MS/ha. A partir del invierno de ese año, comenzó una recuperación de la productividad de las pasturas y forrajes producto de las tasas mayores de acumulación de forraje, llegando a un rango entre 1400 y

3000 kg MS/ha, diferencias éstas explicadas por las diferentes situaciones prediales (suelos, historia, manejo, etc.).

El período de sequía comienza en la primavera del año 2010 y se prolonga durante el verano del año 2011. Si bien durante el otoño e invierno del año 2011 (Figura 3) se presenta una recuperación del ADS, a partir de noviembre del año 2011 vuelve a reducirse, lo cual se ve reflejado en la disponibilidad de forraje (Figura 4).

Si se estableciera como criterio de buen manejo de animales y pasturas un umbral en el rango de forraje disponible pos pastoreo de 1000 a 1200 kg MS/ha (Montossi, com. pers.), se puede apreciar que en 36 meses de evaluación, por más de 20 meses se presentaron disponibilidades iguales o inferiores a dicho umbral, demostrando así que en la mayor parte del tiempo las restricciones en el agua disponible y su interacción con la nutrición de las plantas limitaron la producción vegetal y animal que se presentó en el período considerado. En el verano 2011 ocurrió una reducción a menos de la mitad de la cantidad de alimento disponible comparado con el verano anterior. Esta situación

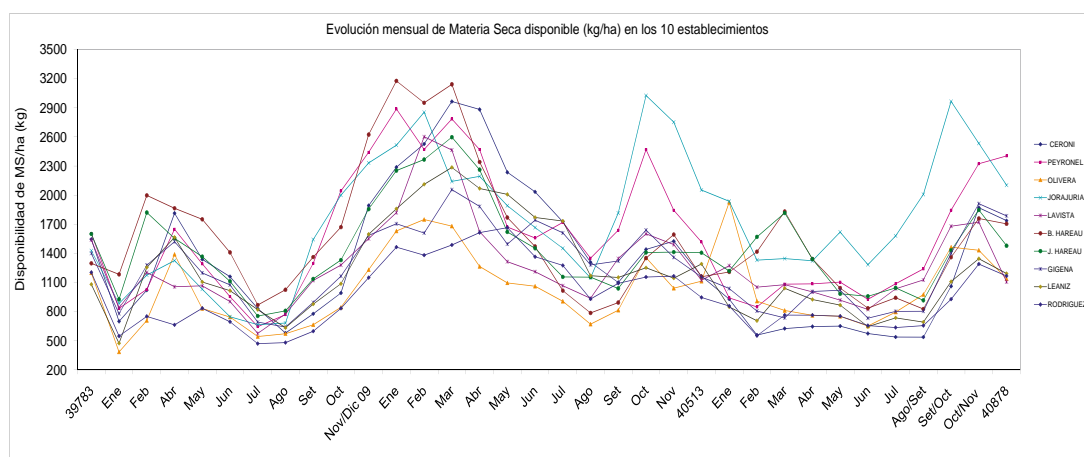
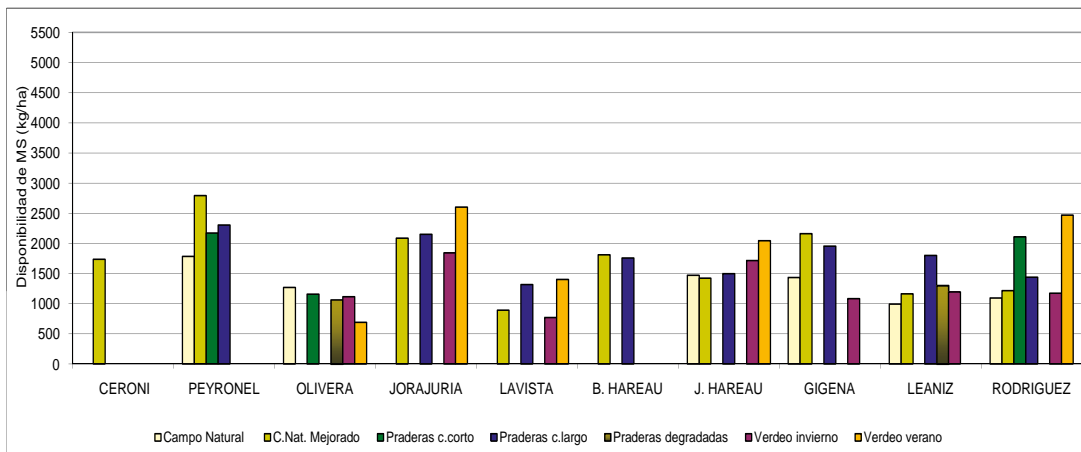


Figura 4. Evolución mensual de la disponibilidad de forraje (MS kg MS/ha) promedio por establecimiento de las pasturas muestreadas en cada uno, para el período diciembre 2008 – diciembre 2011.

destaca la importancia de los efectos de la variabilidad climática en la disponibilidad de forraje independiente del tipo de suelo, de pastura y de carga animal de los sistemas de producción.

En la **Figura 5**, se observa la evolución mensual de la disponibilidad de forraje según opción forrajera (estimada a partir de la altura del RPM y su inclusión en las ecuaciones de calibración) y por predio. De los 10 ca-

sos evaluados, se puede observar el efecto “productor”, donde 4 de ellos se encontraban con disponibilidades de forraje iguales o por debajo del umbral mencionado. En general, las praderas degradadas y el campo natural tuvieron una tendencia a presentar una menor disponibilidad de forraje frente a las otras alternativas forrajeras bajo seguimiento, donde se destacan los mejoramientos de campo y praderas por su alta productividad, en general.



**Figura 5.** Disponibilidad de forraje promedio anual según pastura y por predio (cálculo en base a ecuaciones calibración del RPM por tipo pastura (Pravia *et al.*, en esta publicación) en diciembre del año 2011.





**Figura 6.** Jaulas de exclusión y cortes de crecimiento de forraje.

## 7. DETERMINACIÓN DE TASAS DE CRECIMIENTO DE PASTURAS

Siendo uno de los objetivos del Proyecto la evaluación de las tasas de crecimiento de las diferentes opciones de pasturas comúnmente utilizadas por los productores del GIPROCAR II, se eligieron aquellas pasturas, dentro de cada predio, que fueran de mayor importancia estratégica buscando así la mayor representatividad de aquellas opciones forrajeras que se están utilizando por región (Litoral Oeste y Cristalino del Este) y Sistema Productivo (Invernada y Ciclo Completo).

Las determinaciones de las tasas de crecimiento se obtuvieron por medio del uso de jaulas de exclusión a través de un segui-

miento mensual. Las mismas se colocaron en 5 establecimientos abarcando un total de 13 alternativas forrajeras. Se agruparon los datos para su descripción y análisis según el año y sus distintas estaciones de crecimiento con su correspondiente tipo de suelos. En la **Figura 6**, se muestran las jaulas de exclusión utilizadas y el procedimiento de corte en distintos tipos de pasturas y momentos del año.

En los **Cuadros 5, 6 y 7**, se presentan las tasas de crecimiento de diferentes pasturas y forrajes para los años 2009, 2010 y 2011, respectivamente. En general, en el año 2009 se observan las mayores tasas de crecimiento durante la primavera y las menores en otoño, estando el invierno y el verano en una situación intermedia.



**Cuadro 6.** Tasa de crecimiento promedio estacional (kg MS/día/ha) para el año 2010 de las diferentes pasturas monitoreadas en el presente Proyecto.

TASAS DE CRECIMIENTO				Kg. de MS./ha/día												AÑO 2010	TOTAL
Tipo pastura	Año de siembra	Especies	Suelo	Zona	Verano			Otoño			Invierno			Primavera			
					E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
P.C.L.	2008	Festuca	10.1	Litoral	22			31			26			28			9630
P.C.C.	2009	Cebadilla + T. rojo	10.3	Litoral	36			28			24			34			10980
P.C.L.	2009	Dactylis + Alfalfa	-	Litoral	46			34			27			54			14490
P.C.L.	2009	Festuca + T. blanco	-	Litoral	46			30			23			30			11610
CN Mej.	2004	T. blanco + T. rojo + L. corniculatus	10.1-10.15	Litoral	34			21			9			24			7920
P.C.C.	2008	Cebadilla + T. rojo	10.1-10.15	Litoral	30			-			-			-			-
P. C. L.	2007	Cebadilla + Alfalfa	10.1-10.15	Litoral	53			-			-			-			-
CN Mej.	-	-	-	Litoral	-			8			5			26			-
P.C.C.	2010	Raigrás + T. rojo	-	Litoral	-			23			17			24			-
CN Mej.*	2004/07	L. Rincón + L. Maku + Raigrás	2.20-2.21	Este	41			25			19			32			10530
P.C.L.	2007	Festuca + T. rojo + Lotus	5.02b	Litoral	29			15			6			-			-
P.C.C.	2009	Raigrás + T. rojo	5.02b-10.3	Litoral	33			17			22			43			10350
P.C. L.	2009	T. blanco + T. rojo + L. corniculatus + Raigrás	2.12-2.21	Este	29			-			-			-			-
V.I	2010	Raigrás	2.12-2.21	Este	-			24			30			36			-
CN Mej.	2003	Lotus Rincón	2.12- 2.21	Este	25			16			15			23			7110

Referencias: P.C.L.: Pradera de Ciclo Largo, P.C.C.: Pradera de Ciclo Corto, CN Mej.: Campo Natural Mejorado, V.I: Verdeo de Invierno, \*Año de Siembra/resiembra.





En el año 2010, en general, se destacan las altas tasas de crecimiento de pasturas del verano con respecto a la primavera, siendo seguidas por el otoño y el invierno, respectivamente (**Cuadro 6**). En el año final de la evaluación (2011) (**Cuadro 7**), en la primavera, en general, se presentaron las mayores tasas de crecimiento diario, resultando menores crecimientos en el verano, y dependiendo de la pastura, se dieron situaciones similares para otoño e invierno. Estos resultados están en concordancia con las condiciones climáticas y de disponibilidad de agua en el suelo que se presentaron en los tres años de evaluación, a lo cual se deben agregar el efecto del tipo de manejo del pastoreo realizado y la alternativa forrajera considerada.

En el contexto de las condiciones climáticas ocurridas durante el período de evaluación considerado, de las opciones forrajeras evaluadas, se debe destacar la productividad de:

- a) La mezcla de Dactylis y Alfalfa que producen más de 10 toneladas de MS/ha/año y aunque con una productividad menor, le sigue la Festuca, particularmente en mezclas con leguminosas.
- b) Los mejoramientos de campo del Este del país, dominados por leguminosas con Tréboles y Lotus producen entre 9 y 11 toneladas de MS/ha/año.
- c) Las praderas de ciclo corto (Cebadilla + Trébol rojo o Raigrás + Trébol rojo) producen aproximadamente 10 toneladas de MS/ha/año.
- d) Con una productividad menor, del orden de 7 a 8 toneladas de MS/ha/año se encuentran el Lotus cv. El Rincón y alguna pradera más vieja afectada particularmente por la sequía.

En la **Figura 7**, se presenta información del crecimiento de las pasturas según la opción forrajera considerada y el año de evaluación. Se destacan los altos niveles de productividad de las praderas de ciclo corto y largo, particularmente en la primavera con valores cercanos o ampliamente superiores a los 40 kg MS/ha/año según el efecto año. En las estaciones de verano, otoño e invierno (con la excepción del verano 2010) los crecimientos estacionales tienden a ser similares entre 20 y 30 kg MS/ha/día, donde se destacan en otoño e invierno las praderas de ciclo corto con Cebadilla y Raigrás y las de ciclo largo, fundamentalmente con Festuca.

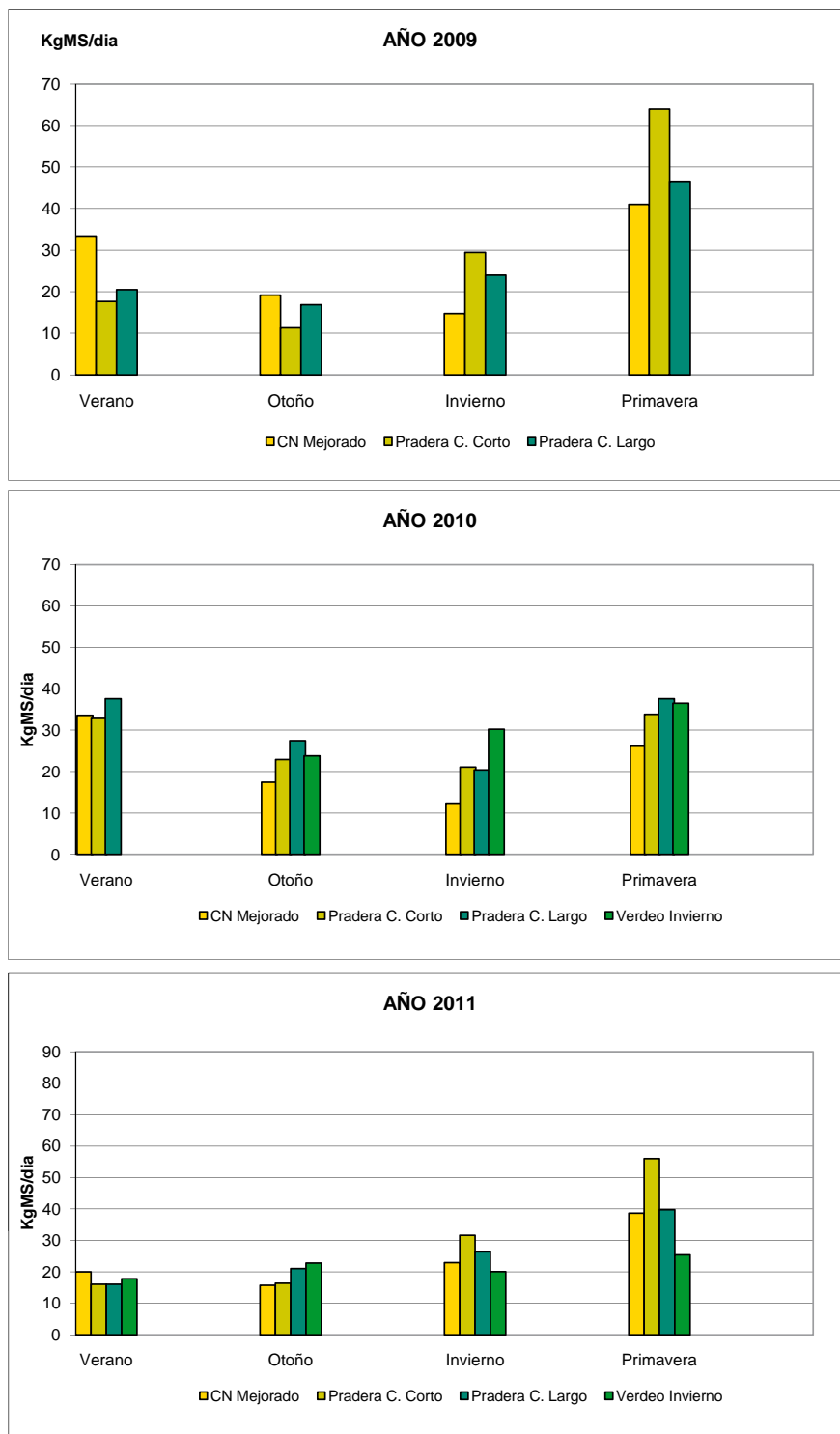


Figura 7. Tasas de crecimiento promedio por estación para cada tipo de pastura monitoreada (años 2009, 2010 y 2011).

**Cuadro 8.** Tasas de crecimiento, promedio 2009 a 2011, por tipo de pastura y por estación.

PASTURA	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
<b>CN mejorado</b>	29	17	17	35
<b>Pradera C. Corto</b>	22	17	27	51
<b>Pradera C. Largo</b>	25	22	24	41
<b>Verdeo Invierno</b>	NC	23	25	31

Referencia: NC = No corresponde.

A modo de síntesis, se promediaron para los 3 años las tasas de crecimiento de cuatro tipos de pasturas por estación: campo natural mejorado, pradera de ciclo corto, pradera de ciclo largo y verdeo de invierno (**Cuadro 8**). En el caso de situaciones de campo natural mejorado, el promedio del período de evaluación con diferentes combinaciones de leguminosas incorporadas al tapiz natural como Trébol blanco, Trébol rojo y *Lotus corniculatus*, Lotus cv. El Rincón y Maku con Raigrás o solamente con Lotus cv. El Rincón, en el verano el crecimiento diario promedio de forraje fue 29 kg MS/ha, en otoño e invierno resultó en 17 kg MS/ha y en primavera alcanzó 35 kg/ha.

En el caso de praderas de ciclo corto de Raigrás con Trébol rojo y Cebadilla con Trébol rojo, el promedio de las situaciones en los 3 años resultó en tasas de crecimiento de 22 (verano), 17 (otoño), 27 (invierno) y 51 kg MS/ha/día (primavera). En la situación de praderas de ciclo largo con Festuca pura, o en combinación con leguminosas como Trébol blanco, Trébol rojo, *Lotus corniculatus* o con otra gramínea como Raigrás, el promedio de todas las combinaciones y años resultó en valores cercanos a los obtenidos con las praderas de ciclo corto. Los verdeos de invierno tuvieron crecimientos promedio similares a los anteriores en otoño e invierno pero menores en primavera.

En los **Cuadros 9, 10, 11 y 12** se comparan los resultados obtenidos en las tasas de crecimiento de las pasturas y forrajes en los predios de los productores del GIPROCAR II con información de referencia publicada en

la bibliografía nacional. Es importante tener en cuenta en la discusión de las comparaciones entre diferentes fuentes de información sobre tasas de crecimiento de pasturas y forrajes que se describen a continuación que éstas son afectadas, entre otros, por: método y altura de corte, el efecto del pastoreo y deyecciones animales, tipo de suelo y nivel de fertilidad.

En el caso de los verdeos de los cultivos anuales invernales (**Cuadro 9**), particularmente en el Raigrás se registraron producciones en los predios con valores cercanos a 8 t. de MS/ha/año, los cuales son menores a los obtenidos en condiciones experimentales. Estas diferencias pueden aún ser mayores si se considera la influencia del sistema de corte, donde con el uso de la rotativa el remanente que queda de pastura de 4 a 6 cm puede ser equivalente a una disponibilidad de forraje de 800-1500 kg MS/ha. En el caso de praderas de ciclo corto como la mezcla de Cebadilla y Trébol rojo se destaca que las diferencias de productividad entre los resultados obtenidos en establecimientos comerciales se aproximaron mucho a los obtenidos a nivel experimental, donde los valores de productividad de esta mezcla estuvieron en el rango de 10-11 t. MS/ha/año.

Para la situación de las praderas de ciclo largo de Festuca pura (**Cuadro 10**), la bibliografía consultada presenta valores muy amplios de rangos de producción de materia/ha/año (desde 5500 hasta 10340 kg MS/ha/año). Esto se debe probablemente a la variabilidad del clima y a las diferentes situaciones de evaluación empleadas dentro y entre de estudios. La información de productividad de

esta opción forrajera a nivel de los predios fue próxima a 10 t. MS/ha/año. Si se tienen en cuenta el efecto del sistema de corte en la estimación de la productividad forrajera, este valor logrado a nivel comercial es igual o levemente inferior a lo que la investigación consultada generó. En cambio, para caso de mezclas de Festuca con otras leguminosas se registran valores del GIPROCAR II inferiores que los obtenidos a nivel experimental, particularmente cuando se considera la producción de praderas consorciadas con edades mayores al año, donde la productividad puede alcanzar niveles iguales o superiores a 10 t. MS/ha/año. Es destacable, en el caso de la mezcla Dactylis y Alfalfa las altas producciones anuales registradas, entre 11 y 14.5 t. MS/ha/año a nivel predial (**Cuadro 11**). Para un período de 4 años, la información de Formoso (2008) muestra niveles de producción de 10.2 t MS/ha/año. Formoso (2008) resalta los beneficios del uso de Trébol blanco y la alfalfa en esta mezcla con gramíneas perennes, donde: a) el Trébol blanco acelera las tasas de crecimiento a partir de julio (aventajando en por lo menos 30 días a las restantes leguminosas) así “acortando el invierno”. Este aspecto sumado a su mayor tolerancia a pastoreos frecuentes y a su

capacidad de colonizar espacios vacíos por crecimiento de estolones, hacen impensable suponer cadenas forrajeras para uso intensivo sin una contribución importante de esta especie y b) la Alfalfa en verano tiene un muy alto potencial productivo y es destacable su producción de otoño. Ambas características determinan que en esquemas intensivos sea una especie clave por sus aportes en esas dos estaciones problemáticas. Adicionalmente, sirve para evitar el sobrepastoreo de otras opciones forrajeras en estos períodos, contribuyendo indirectamente a que se produzca más forraje en invierno.

Para el caso del campo natural mejorado con mezclas leguminosas (**Cuadro 12**), a nivel de los predios del GIPROCAR II se registraron producciones entre 8 y 11 t. MS/ha/año, si bien son mayores a lo documentado, es destacable que en el primer caso los cortes son realizados al ras del suelo, a diferencia de los 3-4 cm de remanente a nivel de los experimentos consultados (equivalentes a 700-1400 kg MS/ha). Esta información demuestra el gran potencial de crecimiento que tienen mejoramientos de campo particularmente en la región Este.

**Cuadro 9.** Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de verdeos de invierno y praderas de ciclo corto obtenidas en el presente Proyecto en comparación con diferentes trabajos publicados en la bibliografía de referencia.

TIPO PASTURA	Método de corte *	FUENTE	REGIÓN	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL
Raigrás	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	Este	23	20	25	18	7740
Raigrás	Tijera 3-4 cm	INIA-Coeficientes técnicos (sin publicar)	L. Oeste	10	40	50	0	9000
Raigrás. Cultivar LE 284. Promedio 1993-2008	Rotativa, 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	14	42	SD	SD	8531
Raigrás + T. rojo	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	10	45	36	SD	SD
Raigrás + T. rojo	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	17	22	43	33	10350
Cebadilla + T. rojo - AÑO 1	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	SD	SD	47	19	SD
Cebadilla + T. rojo - AÑO 2	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	28	24	34	36	10980
Cebadilla + T. rojo - AÑO 3	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	16	35	SD	16	SD
Cebadilla + T. rojo - AÑO 3	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	12	6	SD	17	SD
Cebadilla + T. rojo - AÑO 3	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	SD	SD	SD	30	SD
Cebadilla + T. rojo - AÑO 1	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	SD	29	56	SD	SD
Cebadilla + T. rojo - AÑO 1	Tijera 3-4 cm	INIA-Coeficientes técnicos (sin publicar)	L. Oeste	0	25	55	20	10000

**Cuadro 10.** Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de praderas de ciclo largo de Festuca obtenidas en el presente Proyecto en comparación con diferentes trabajos publicados en la bibliografía de referencia.

TIPO PASTURA	Método de corte *	FUENTE	REGIÓN	OTO	INV	PRI	VER	TOTAL
Festuca PURA-AÑO 2	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II Prom. 2009	L. Oeste	21	27	37		9630
Festuca PURA-AÑO 3	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II Prom. 2010 Prom. 2009	L. Oeste	31	26	28		9630
Festuca Tacuabé sobre rastrojo sorgo-AÑO 2	Rotativa, 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	SD	SD	SD	SD	7490
Festuca Tacuabé sobre rastrojo sorgo-AÑO 2	Rotativa, 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	SD	SD	SD	SD	7460
Festuca Tacuabé. Prom. 5 exps-AÑO 2	Rotativa, 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	SD	SD	SD	SD	7360
Festuca Tacuabé-AÑO 1. Promedio 1989-2001.	Rotativa, 4-6 cm	García, 2003., citado por Formoso, 2010.	L. Oeste	4	14	44		7660
Festuca Tacuabé-AÑO 2. Promedio 1989-2001.	Rotativa, 4-6 cm	García, 2003., citado por Formoso, 2010.	L. Oeste	23	17	31		7260
Festuca Tacuabé-AÑO 1. Convenio INIA-INASE 1997-2007.	Rotativa 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	3	16	56		10100
Festuca Tacuabé-AÑO 2. Convenio INIA-INASE 1997-2007.	Rotativa 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	39	23	37		10120
Festuca Tacuabé-AÑO 3. Convenio INIA-INASE 1997-2007.	Rotativa 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	16	17	43	SD	6850
Festuca Tacuabé, promedio 3 años.	Rotativa 4-6 cm	Formoso y Allegri, 1983.	Yaguari-Fraile Muerto	37	20	46		10340
Festuca Tacuabé, promedio 3 años.	Rotativa 4-6 cm	Formoso y Allegri, 1983.	Planosoles, aluviones modernos, sobre rastrojo arroz.	15	12	28		6590
Festuca sobre rastrojo sorgo-AÑO 1.	Rotativa 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	0.7	7	23		5560
Festuca sobre rastrojo sorgo-AÑO 2.	Rotativa 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	18	17	45		9810
Festuca sobre rastrojo sorgo AÑO 2.	Rotativa 4-6 cm	Formoso, 2010.	L. Oeste	2	28	34		7630

**Cuadro 11.** Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de praderas de ciclo largo de Festuca y Dactylis en mezclas obtenidas en el presente Proyecto en comparación con diferentes trabajos publicados en la bibliografía de referencia.

TIPO PASTURA	Método de corte *	FUENTE	REGIÓN	OTO	INV	PRI	VER	TOTAL
Festuca + T. blanco-AÑO 3.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	3	2	30	4	3510
Festuca + T. blanco-AÑO 3.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	16	27	SD	11	SD
Festuca+T. blanco+Lotus- AÑO 2.	Tijera 3-4 cm	INIA-Coeficientes técnicos (sin publicar)	L. Oeste	28	17	44	22	10000
Festuca+T. blanco+ Lotus- AÑO 3.	Tijera 3-4 cm	INIA-Coeficientes técnicos (sin publicar)	L. Oeste	11	16	39	12	7000
Festuca +T. blanco, promedio 4 años, cortes c/30 días	Tijera 3-4 cm	Formoso, 2010.	SD	SD	SD	SD	SD	5525
Festuca +T. blanco, promedio 4 años, cortes c/45 días	Tijera 3-4 cm	Formoso, 2010.	SD	SD	SD	SD	SD	5200
Festuca +T. blanco, promedio 4 años, cortes c/30 días	Tijera 3-4 cm	Formoso, 2010.	SD	SD	SD	SD	SD	7650
Festuca +T. blanco, promedio 4 años, cortes c/45 días	Tijera 3-4 cm	Formoso, 2010.	SD	SD	SD	SD	SD	8925
Festuca + T rojo + Lotus-AÑO 3.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	14	20	33	14	7290
Festuca + T rojo + Lotus-AÑO 4.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	15	6	SD	29	SD
Dactylis + alfalfa-AÑO 1.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	SD	11	34	SD	SD
Dactylis + alfalfa-AÑO 2.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	46	34	27	54	14490
Dactylis + alfalfa-AÑO 3.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	22	22	28	52	11160
Dactylis + alfalfa-T. Blanco-Promedio 4 años.	Tijera 3-4 cm	Formoso, 2008	L. Oeste	26	12	41	35	10200



**Cuadro 12.** Tasas de crecimiento (kgMS/ha/día) promedio de campo natural mejorado con diferentes especies obtenidas en el presente Proyecto en comparación con trabajos publicados en la bibliografía de referencia.

TIPO PASTURA	Método de corte *	FUENTE	REGIÓN	OTO	INV	PRI	VER	TOTAL
T. blanco + T. rojo + <i>Lotus corniculatus</i> -AÑO 6.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	36	20	17	51	11160
T. blanco+T. rojo+ <i>Lotus corniculatus</i> - AÑO 7.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	21	9	24	34	7920
T. blanco+T. rojo+ <i>Lotus corniculatus</i> - AÑO 8.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	L. Oeste	17	19	35	37	9720
T. blanco+ Lotus corniculatus - AÑOS 2-4.	Tijera 3-4 cm	INIA-Coeficientes técnicos (sin publicar)	L. Oeste	SD	SD	SD	SD	7000
L. Rincón + Maku + Raigrás - AÑO 2 de la resiembra.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	Este	24	18	42	37	10890
L. Rincón + Maku + Raigrás- AÑO 3 de la resiembra.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	Este	25	19	32	41	10530
L. Rincón + Maku + Raigrás - AÑO 4 de la resiembra.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	Este	13	29	49	11	9180
L. Rincón-AÑO 7.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	Este	13	9	31	27	7200
L. Rincón-AÑO 8.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	Este	16	15	23	25	7110
L. Rincón-AÑO 9.	Tijera 0-1 cm	Predios de GIPROCAR II	Este	20	25	25	11	7290
L. Rincón-AÑO 2-5.	Tijera 3-4 cm	INIA-Coeficientes técnicos (sin publicar)	SD	SD	SD	SD	SD	5500
L. Rincón-AÑO 2.	Corte a 2.5 cm	Ayala y Bermúdez, 2008	SD	SD	SD	SD	SD	6500-8500

## 8. COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Se utilizaron los cortes de las jaulas de crecimiento para analizar la composición botánica del forraje disponible y así poder establecer una evolución de los diferentes componentes del tapiz a través del tiempo. Se realizaron pools con los cortes de cada jaula logrando así una muestra representativa, de la cual se extrajeron sub-muestras para analizar su composición botánica y así poder estimar el aporte de cada componente a la pastura en evaluación y potencialmente a la dieta de los animales.

Se dividió cada muestra entre forraje verde y seco, y a partir del forraje verde se separaron las fracciones según especie y grupos de especies en: Festuca, Cebadilla, Trébol Blanco, Trébol Rojo, Lotus, Alfalfa, Otras Leguminosas, Raigrás, Gramíneas Nativas, Malezas, entre otras. Estas fracciones se pesaron en verde por separado y fueron llevadas a estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar un peso constante, obteniendo de esta manera su peso seco y calculando así el porcentaje de cada componente en la muestra total en base seca.

### 8.1 Campo Natural Mejorado

En este artículo no se presenta la información de todas las opciones estudiadas por la extensión que ello implicaría para este trabajo. A modo de ejemplo, se muestra la evolución registrada (**Figura 8**), en uno de los predios ("El Amanecer"), de una pastura mezcla de Lotus Maku y *Holcus lanatus* sembrada en el año 2004 y renovada en el año 2007. Durante la mayor parte del período 2009-2011, si bien la participación de los diferentes componentes de la pastura fue variable, la biomasa de forraje estuvo conformada principalmente por otras gramíneas (20-90%) y restos secos (8-70%). En cuanto a leguminosas, en general, el aporte de Lotus varió entre 2 y 30% (primavera 2009) y fue mayor a la sumatoria de la combinación del Trébol blanco y Trébol. El Raigrás empezó a contribuir en la pastura

a partir de Julio de cada año, resultando en el principal componente de la pastura (40-50%) en los meses de la primavera del año 2011. Se debe destacar que como estrategia de manejo de estos mejoramientos, estos se cierran al pastoreo a fines del primavera y principios de verano (según el año) para favorecer la semillazón y mejorar la productividad y persistencia de los mismos. Se destacan también los cierres de otoño para el caso del Lotus Maku.

En el caso de un campo natural mejorado con Lotus cv. "El Rincón" en la región Este (**Figura 9**), la presencia conjunta de Lotus, "Otras leguminosas" y Raigrás anual se hace notoria a partir de Julio-Agosto de cada año alcanzando valores máximos cercanos al 40% en la primavera del año 2009, 30% en el año 2010 y 50% en la primavera del año 2011. Para estos mejoramientos, en el caso del Raigrás anual este realizó un aporte significativo, más del 85% en para agosto 2010. Otras gramíneas y los restos secos fueron los componentes más importantes de la pastura.

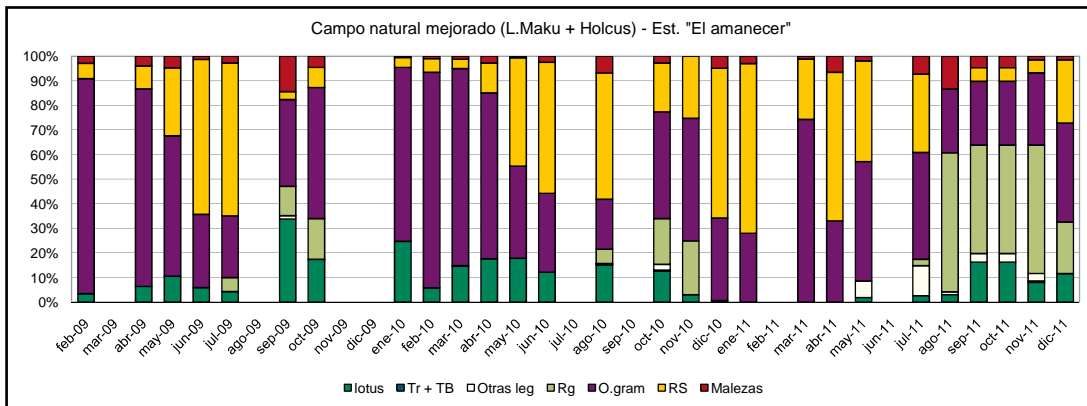
Es destacable en los dos casos anteriores (**Figuras 8 y 9**) el incremento significativo de la proporción de restos secos de ambas pasturas ocurre fundamentalmente a partir del otoño, alcanzando este componente a representar aproximadamente el 70% de la composición de la pastura.

En otro caso de estudio de un mejoramiento de campo integrado por *Lotus corniculatus*, Trébol rojo y Trébol blanco (**Figura 10**) en la región Litoral Oeste, y para el mismo período se observa que durante los tres años de evaluación se destaca la supremacía del componente "otras gramíneas" contribuyendo entre el 30 y 80% de la pastura. Las leguminosas incorporadas al tapiz, llegaron a representar un máximo del 10-15% de la pastura en los primeros dos años de evaluación y hasta un 30% en el tercer año, siendo el aporte mayor a este componente el proveniente de las especies Trébol rojo y blanco. Nuevamente el Raigrás comienza a aparecer e incrementarse a partir del invierno del año 3. Los restos

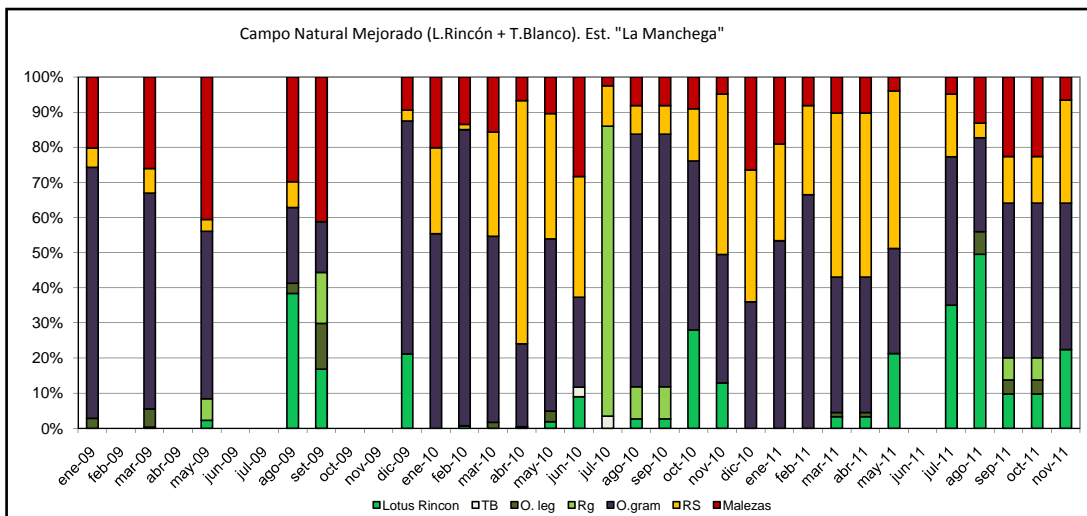
secos y malezas llegan a representar entre el 10 y 70% de la pastura.

En el caso de la **Figura 11**, para otro mejoramiento del Litoral Oeste, es interesante observar la misma tendencia que en las Figuras anteriores, donde la contribución de

“otras gramíneas” es la más importante y el aporte de leguminosas introducidas es muy reducida y puntual en la primavera de cada año llegando a un máximo del 20%. La Fes-tuca introducida en esta pastura, también realiza un aporte sumamente puntual en agosto del año 2011.



**Figura 8.** Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado con Lotus Maku y Holcus Lanatus sembrado en el año 2004 y renovado en el año 2007 (Predio “El Amanecer”, Región Este).



**Figura 9.** Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado con Lotus cv. El Rincón + Trébol blanco (Predio “La Manchega”, Región Este).

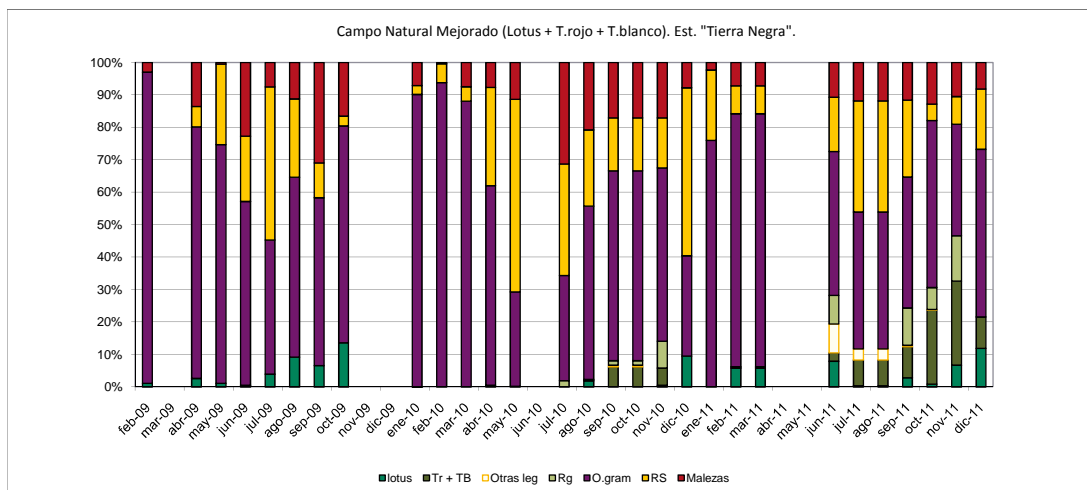


Figura 10. Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado de *Lotus corniculatus* + Trébol blanco y Trébol rojo (Predio "Tierra Negra", Región Litoral Oeste).

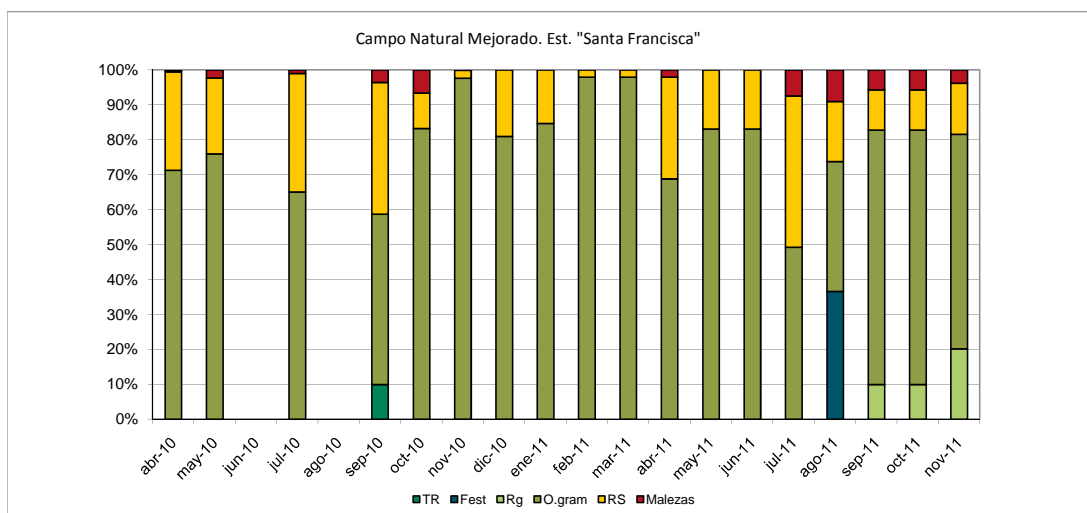


Figura 11. Evolución de la composición botánica de un campo natural mejorado (Predio "Santa Francisca", Región Litoral Oeste).

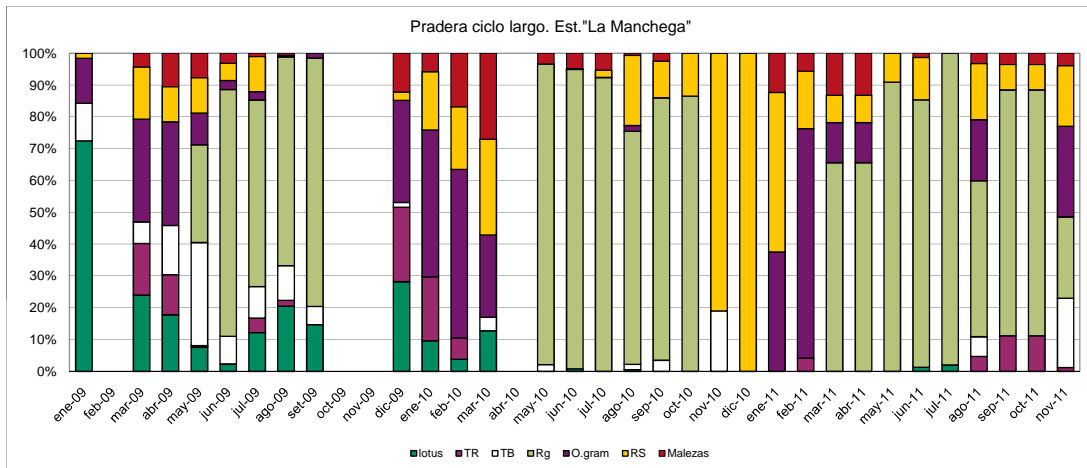
### 8.2 Praderas de Ciclo Largo

En la **Figura 12** se muestra la evolución de la composición botánica de una pradera de ciclo largo mezcla de *Lotus corniculatus* + Trébol rojo + Trébol blanco + Rai-grás sembrada en el año 2007. En cuanto al "componente leguminosas", se observa un considerable aporte del conjunto de Lotus, Tréboles blanco y rojo en el otoño del año 2009 hasta otoño del 2010, variando desde una contribución desde 98% hasta 40%,

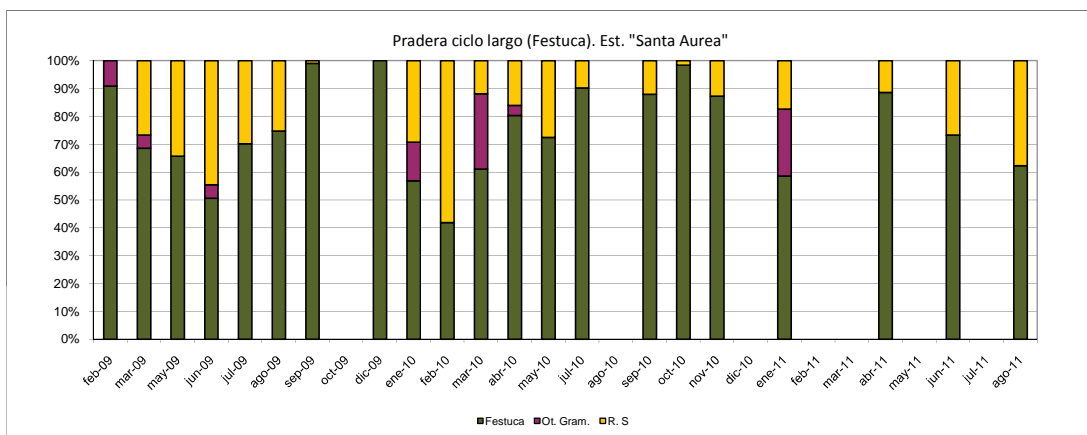
respectivamente. Desde el otoño 2010, el aporte de leguminosas se reduce drásticamente alcanzando un máximo de 20% de Trébol blanco al fin de año (diciembre de los años 2010 y 2011). En cuanto al aporte de gramíneas, el Rai-grás resultó ser el integrante más importante de esta fracción, representando valores de 80 a 90% de la pastura. Los demás componentes (restos secos, otras gramíneas y malezas) resultaron en una considerable proporción del forraje ofrecido.

En el otro caso de una pradera de ciclo largo que se muestra en la **Figura 13**, se observa que la Festuca fue el componente más importante de la misma durante todo el período

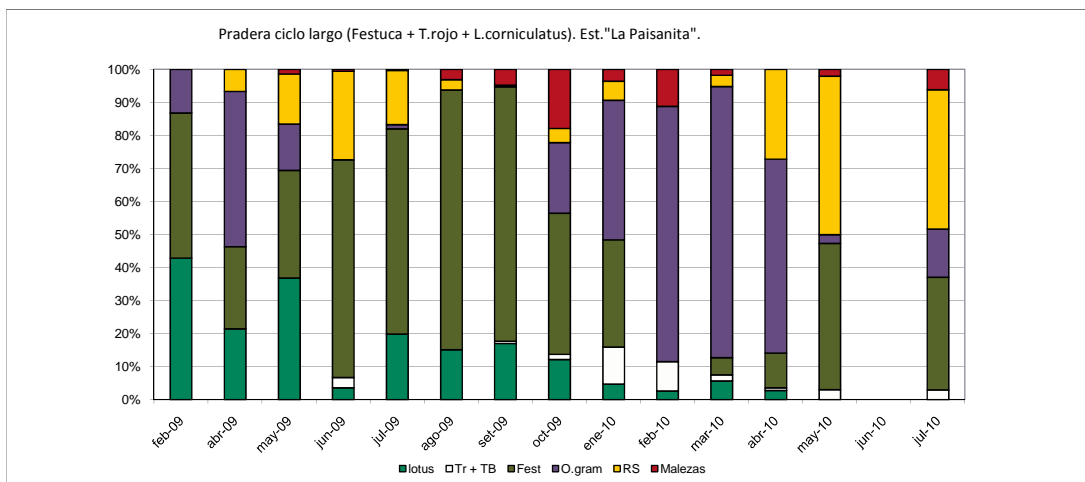
con aportes entre el 40 y 90% de la misma. Asociado con la sequía del otoño 2009, enero 2010 y se puede explicar el incremento de restos secos



**Figura 12.** Evolución de la composición botánica de una pradera de ciclo largo sembrada en el año 2007 con renovación utilizando tratamiento químico (Predio "La Manchega", Región Este).



**Figura 13.** Evolución de la composición botánica de una pradera de Festuca (Predio "Santa Aurea", Región Litoral Oeste).

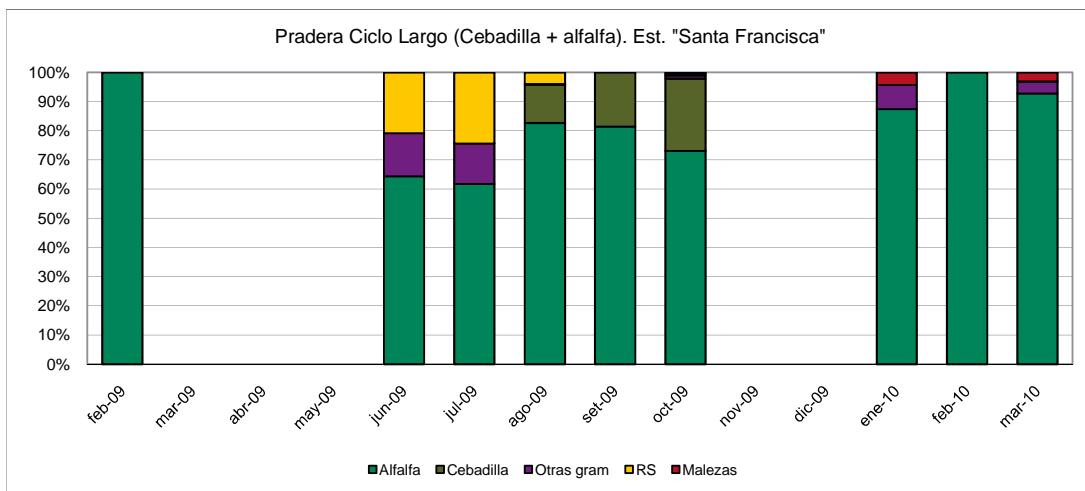


**Figura 14.** Evolución de la composición botánica de una pastura mezcla de Festuca, Trébol rojo y *Lotus corniculatus* sembrada en el año 2007 (Predio "La Paisanita", Región Litoral Oeste).

Otro ejemplo a considerar (**Figura 14**) se observa la evolución de una pastura mezcla de Festuca y *Lotus corniculatus* a partir de su tercer año, donde estas especies aportan casi el 90% del forraje ofrecido en el verano del año 2009, alcanzando inclusive un máximo (95%) en la primavera siguiente. Hacia fines de primavera y verano 2009-2010 el aporte de Festuca se reduce notoriamente llegando a ser menor al 5%, situación que se mantuvo hasta abril del año siguiente, dejando espacio libre que fueron colonizados por "otras gramíneas" y ocupados por restos secos. En el cuarto año de dicha pastura, en el otoño del 2010, comienza la Festuca a aparecer nuevamente y contribuir sustancialmente a la pastura (casi

del 50%). Es interesante señalar que dicha especie alcanza un aporte similar al otoño año del anterior. Sin embargo el *Lotus corniculatus* solamente alcanza un máximo del 5% en esa estación. El aporte del Trébol rojo y blanco resultó muy escaso y puntual para los dos años de evaluación, alcanzando un máximo del 8 a 10% en verano del año 2010.

En el caso de otra pradera de ciclo largo de Cebadilla y Alfalfa (**Figura 15**), se observa que el "componente leguminosa" tendió a ser el dominante durante el periodo febrero a octubre del año 2009 (60-100%). Se registró un aporte de Cebadilla más importante en la primavera del año 2009 (10-30%).



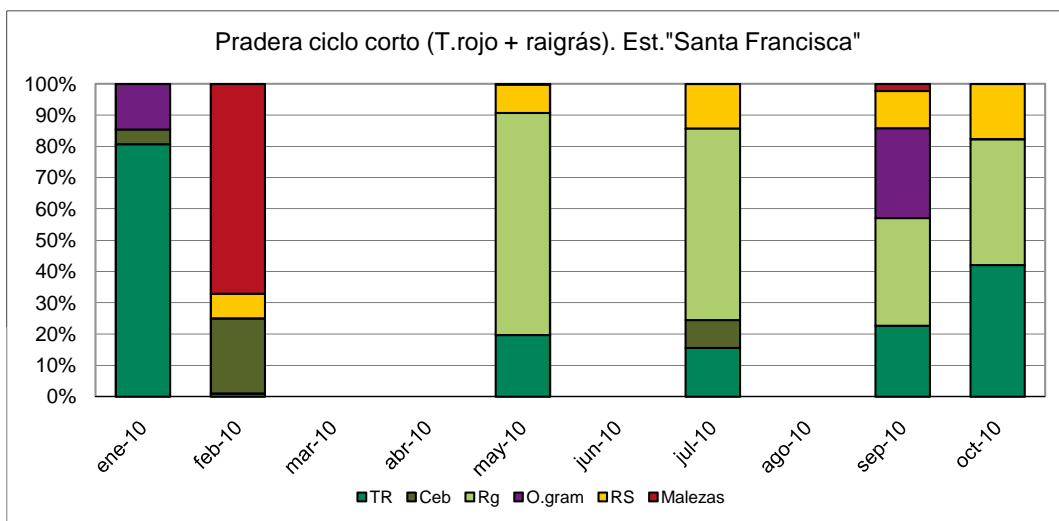
**Figura 15.** Evolución de la composición botánica de una pradera de ciclo largo (Cebadilla + Alfalfa) (Predio "Santa Francisca", Región Litoral Oeste).

### 8.3 Praderas de Ciclo Corto

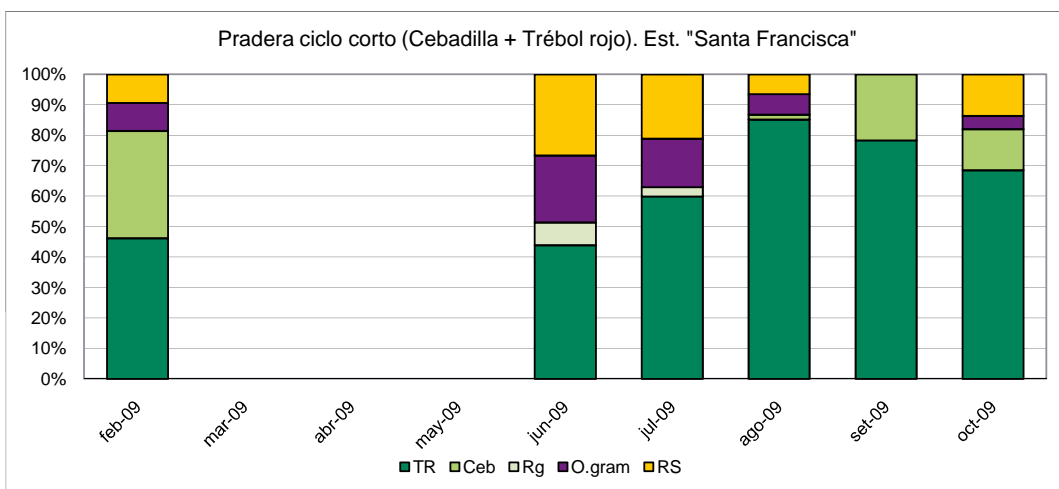
Se observa similar tendencia en otra pastura de ciclo corto presentada en la **Figura 16**, donde el aporte de Trébol rojo (40-80%) como leguminosa alcanzó valores inferiores en comparación con la Alfalfa del caso anterior (**Figura 15**) y además la contribución de las gramíneas (Raigrás y Cebadilla) fue mayor.

En la **Figura 17** se presenta la evolución de una mezcla forrajera de cebadilla y trébol rojo durante 2009, y en la **Figura 18** se presenta la evolución de la misma mezcla durante el

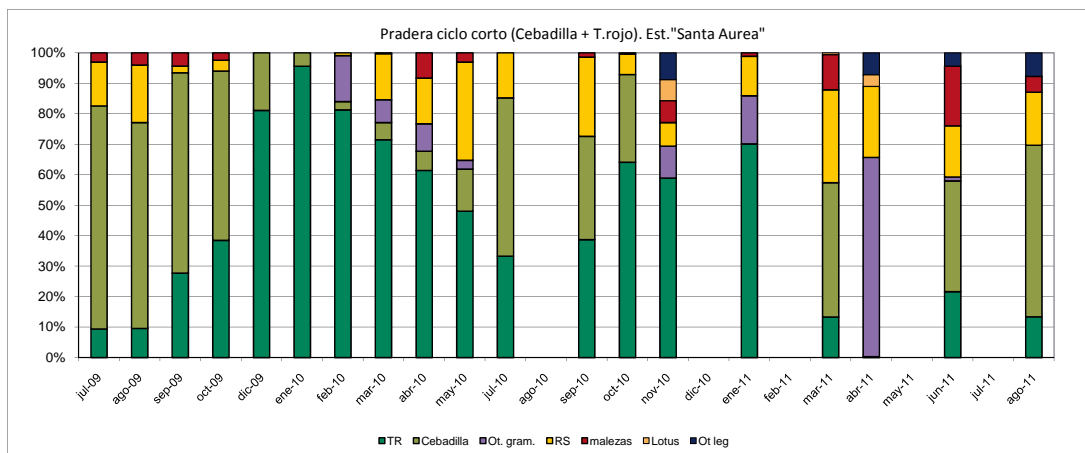
período 2009 a 2011. La Cebadilla y el Trébol rojo representaron los principales componentes de la pastura durante los tres años de seguimiento. En el caso de la leguminosa, ésta comenzó a incrementarse a partir de la primavera del año 2009 y llegando a aportar entre el 80 y 100% de la pastura en el verano del año 2010, para posteriormente reducirse hacia el otoño del año siguiente; alcanzando un mínimo en torno al 30% durante el invierno. En el tercer año, se presentó un comportamiento similar pero el aporte del Trébol rojo fue menor, alcanzando un máximo del 70% en el segundo verano y un mínimo cercano al 10% en otoño e invierno del año 2011. En



**Figura 16.** Evolución de la composición botánica de una pradera de ciclo corto (T. rojo + raigrás) (Establecimiento "Santa Francisca", Región Litoral Oeste).



**Figura 17.** Evolución de la composición botánica de una Pradera de ciclo corto (Cebadilla + Trébol rojo) (Predio "Santa Francisca", Región Litoral Oeste).



**Figura 18.** Evolución de la composición botánica durante el período 2009-2011 de una pradera de ciclo corto (Cebadilla y Trébol rojo) (Predio "Santa Aurea", Región Litoral Oeste).

el caso de la Cebadilla, esta especie aparece durante todo el período; su máximo aporte fue en el invierno-primavera del año 2009 (70% y 50%, respectivamente), llegando a un mínimo del 2% en los meses de verano del mismo año y luego incrementándose a partir del otoño siguiente.

## 9. VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE OFRECIDO

Para el análisis del valor nutritivo se utilizaron las sub-muestras que fueron secadas a 60°C utilizadas también para determinar la materia seca disponible. Dichas muestras fueron molidas en un molino Willey (usando una malla de 1 mm). Luego se realizó un pool de las muestras obtenidas de cada corte mensual de crecimiento de manera de lograr una única muestra de valor nutritivo representativa de la estación de crecimiento. Estas muestras fueron etiquetadas y enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela para las determinaciones (base seca en porcentaje) de las fracciones: Proteína Cruda (PC; %) por el método Kjeldhal (AOAC, 1984) con un analizador Teclator 1030, Fibra Detergente Acido (FDA; %) y Cenizas (%). La digestibilidad de la materia seca (DMS) fue calculada mediante la fórmula diseñada por Holland y Kezar. Esta última fórmula y los métodos empleados fueron descritos por Montossi *et al.* (2001). Adicio-

nalmente, dichas muestras también fueron enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela para determinar Fósforo (P; mg/g), Potasio (K; %) y Azufre (S; mg/g) en planta.

### 9.1 Campo Natural Mejorado

En los Cuadros 13 y 14 se presentan los resultados de los análisis de valor nutritivo de las muestras de forraje extraídas dentro de las jaulas de exclusión y de los cortes de campo, respectivamente.

En el caso particular del campo natural mejorado con Lotus Maku y Holcus lanatus (Cuadros 13 y 14), la biomasa de forraje estuvo conformada principalmente por otras gramíneas y restos secos. El aporte de leguminosas (Lotus Maku, Trébol blanco y Trébol rojo) (Figura 9) fue mayor en los meses de primavera lo cual es concordante con los resultados de PC de este período que alcanzaron un máximo de casi 17% y 16%, para los muestreos de jaulas en primavera y de aquellas extraídas en el campo por corte en invierno. El Raigrás, a partir de Julio de cada año, constituyó el principal componente de la pastura, alcanzando entre 40 y 50% de la misma en los meses de la primavera, lo cual puede asociarse al incremento de la DMS desde el otoño alcanzando valores cercanos al 58% en las jaulas en primavera y casi 60% en las muestras de corte en campo en invierno.



Comparando los promedios en ambos cuadros anteriores se registraron mejores valores de PC, C, P, S, DMS y FDA en las muestras de las jaulas de exclusión, indicando una mayor calidad del forraje dentro de éstas en comparación con las muestras de forraje de campo obtenidas desde forraje sometido a pastoreo. Ello se puede explicarse por una mayor proporción de hojas, tallos verdes y leguminosas en las muestras provenientes de las jaulas en comparación con las muestras del campo debido al efecto sobre el tipo de rebrote, la carga/pisoteo, y la selectividad animal, entre otros. La tendencia fue de un incremento de la PC y reducción de la FDA hacia invierno y primavera. Los componentes C, P, K y S en planta alcanzaron un máximo en dichas estaciones. En el caso del forraje de jaulas, se alcanzó la máxima DMS en la primavera (57.8%) y en el caso del forraje de campo en el invierno (59.3%).

En los Cuadros 15 y 16, se presenta información del valor nutritivo de las muestras de forraje de jaulas y de campo de pasturas naturales mejorado con Lotus cv. El Rincón de

un establecimiento de la Región Este. A igual que en el caso anterior, se observan mayores valores de los diferentes componentes en las muestras de forraje proveniente de las jaulas de exclusión y la misma tendencia de incremento de PC, C, FDA, P, K, S hacia los meses de invierno y primavera.

Es destacable el alto porcentaje de PC en el caso del forraje proveniente de jaulas en comparación con el resultado obtenido en muestras de campo (**Cuadro 16**) registrándose promedios de 15.3% para las primeras y 11.26% para las segundas. La FDA estuvo en promedio entre 40 y 47% para jaulas y muestras de campo respectivamente, alcanzando un máximo de 39 y 49% en otoño, respectivamente. El componente C estuvo en promedio entre 15 y 13% para muestras de jaulas y campo, respectivamente, alcanzando un máximo de 20 a 22% en el invierno. El P (2.2-2.6%), K (1.6%) y S (1.84-1.98%) alcanzaron valores máximos en la primavera (**Cuadros 15 y 16**). Estos valores se podrían explicar por la composición botánica con mayores niveles de restos secos y otros componentes de menor valor nutritivo relativo.

**Cuadro 13.** Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido de las jaulas de exclusión (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio "El Amanecer" (Región Este).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	PC	12.92	14.22	15.95	16.91	15.19
	FDA	40.68	39.58	41.62	39.45	40.30
	Cenizas	10.73	12.91	17.21	14.53	14.13
	P	2.85	2.47	2.83	3.00	2.78
	K	1.24	1.29	1.66	2.05	1.61
	S	1.55	1.98	2.12	2.50	2.12
	DMS	56.76	57.63	56.02	57.74	57.06

Referencias: (para este y siguientes Cuadros): PC=Proteína cruda; FDA=Fibra Detergente Acida; P= Fósforo en planta; K=Potasio en planta; S=Azufre en planta; DMS=Digestibilidad de la Materia Seca.

**Cuadro 14.** Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido en cortes de campo para el ajuste de las ecuaciones del RPM (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “El Amanecer” (Región Este).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	PC	7.97	10.20	15.82	12.60	11.60
	FDA	46.89	43.49	37.43	42.15	42.56
	Cenizas	9.15	11.41	13.65	10.13	11.02
	P	1.71	2.04	2.70	2.51	2.25
	K	1.07	1.61	1.90	2.04	1.69
	S	1.22	1.56	1.94	1.93	1.68
	DMS	51.86	54.54	59.33	55.60	55.28

**Cuadro 15.** Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido de las jaulas de exclusión (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “La Manchega” (Región Este).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	PC	12.87	14.25	16.56	17.82	15.31
	FDA	38.84	39.08	41.64	40.11	39.66
	Cenizas	11.26	14.64	21.93	14.67	14.72
	P	2.18	2.36	2.56	3.24	2.62
	K	1.49	1.37	1.60	1.99	1.62
	S	1.69	1.83	1.99	2.36	1.98
	DMS	58.22	58.03	56.00	57.21	57.57

**Cuadro 16.** Valor nutritivo promedio del forraje de campo natural mejorado obtenido en cortes de campo para el ajuste de las ecuaciones del RPM (otoño-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio “La Manchega” (Región Este).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	PC PC	8.31	8.60	12.08	15.14	11.26
	FDA	50.13	48.65	46.55	42.80	46.84
	Cenizas	9.62	10.73	20.27	13.21	12.78
	P	1.71	1.65	2.46	3.05	2.27
	K	1.18	0.97	1.47	2.33	1.58
	S	1.48	1.76	1.92	2.20	1.84
	DMS	49.29	50.47	52.13	55.09	51.89

**Cuadro 17.** Valor nutritivo promedio del forraje estimado por cortes de campo natural que fue utilizado para la calibración del RPM en el período 2010-2011 para el Predio “La Manchega” (Región Este).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	PC	5.88	7.62		9.75	8.03
	FDA	48.33	46.07		45.29	46.38
	Cenizas	9.50	9.06		10.24	9.69
	P	0.90	1.30		1.05	1.08
	K	0.96	1.28		1.18	1.14
	S	1.55	1.82		1.87	1.76
	DMS	50.72	52.51		53.12	52.26

Para destacar la importancia de mejora del valor nutricional de las pasturas naturales mejoradas con respecto al campo natural, se presenta el **Cuadro 17**, donde se observa el valor nutritivo de un campo natural de la Región Este. Se pueden observar menores valores de campos naturales en términos de PC, C, P, K, S y DMS en comparación con un campo natural mejorado de la misma Región (**Cuadros 13 a 16**).

Analizando los valores descriptos en párrafos anteriores y comparándolos con la información de referencia para Uruguay publicada por Mieres (2004) (**Cuadro 18**), donde los valores del componente PC fue similar entre esta fuente y la de estos predios de GIPROCAR II, que variaron en un rango entre 11 y 16%, aumentando a partir del otoño y alcanzando un máximo en primavera del 16%, valor similar a lo obtenido en las jaulas y mayor que el de las muestras de campo de estos predios.

**Cuadro 18.** Valor nutritivo promedio de campo natural + leguminosas según bibliografía (Mieres, *et al.*, 2004).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	MS	91.04	91.96	92.53	92.12	91.91
	PC	12.16	11.69	13.51	16.16	13.4
	FDA	43.03	43.84	45.75	37.49	42.52
	Cenizas	8.55	11.12	13.47	11.14	11.07
	P	0.06	0.22	-	-	-
	K	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-
	DMO	58.24	60.29	55.91	62.65	59.3

## 9.2 Praderas de Ciclo Largo

En los **Cuadros** 19 y 20 se presenta el caso de una pradera de ciclo largo (*Lotus corniculatus* + Trébol rojo + Trébol blanco + Raigrás) sembrada en el año 2007. En cuanto al componente leguminosas, se observa un considerable aporte del conjunto de Lotus, Trébol blanco y Trébol rojo en el otoño, lo que puede verse reflejado en los altos valores registrado de PC desde 17 a 22% obtenidos en otoño e invierno, respectivamente, en muestras provenien-

tes de jaulas y asociado al aporte de las leguminosas, especialmente el Trébol blanco. Los valores obtenidos en el campo por corte fueron menores (**Cuadro** 19). La FDA resultó en promedio 33 y 41%, en muestras de jaula y corte de campo, respectivamente, decayendo hacia el otoño e invierno y aumentando en la primavera-verano, en las primeras. Ello puede asociarse al incremento del aporte del Raigrás en predio desde otoño a primavera, lo cual contribuyó al aumento de la DMS durante el período otoño-invernal.

**Cuadro 19.** Valor nutritivo promedio del forraje de pradera de ciclo largo (con renovación por tratamiento químico) obtenido de las jaulas de exclusión (febrero-2009 hasta diciembre-2011) para el Predio "La Manchega" (Región Este).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	PC	16.27	17.15	22.04	15.18	17.78
	FDA	37.27	31.58	29.16	35.60	33.05
	Cenizas	12.79	13.86	19.78	15.51	15.73
	P	2.09	2.29	4.12	3.29	3.02
	K	1.68	2.35	3.15	2.37	2.45
	S	1.70	1.86	2.36	2.20	2.06
	DMS	59.46	63.95	65.87	60.77	62.79

**Cuadro 20.** Valor nutritivo promedio del forraje de pradera de ciclo largo (con renovación por tratamiento químico con Raigrás) obtenido desde los cortes de campo para la calibración del RPM en el año 2011 para el Predio "La Manchega" (Región Este).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	PC		16.43	8.91	11.99	12.33
	FDA		42.58	44.65	38.54	41.08
	Cenizas		17.14	23.78	14.73	17.60
	P		3.27	2.86	2.84	2.95
	K		2.55	2.29	2.77	2.60
	S		2.68	1.78	2.69	2.46
	DMS		55.26	53.63	58.45	56.45

**Cuadro 21.** Valor nutritivo promedio de “Praderas” según bibliografía (Mieres, *et al.*, 2004).

Año		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
Componentes del valor nutritivo	MS	93.3	93.3	90.61	91.94	92.30
	PC	16.24	19.25	19.8	17.03	18.07
	FDA	33.58	35.73	32.7	35.92	34.50
	Cenizas	11.87	11.46	12.7	11.94	11.99
	P	0.19	0.29	-	0.25	-
	K	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-
	DMO	63.99	61.83	63.62	62.65	63.02

Comparando la información presentada en los **Cuadros** 19 y 20 con la publicada por Mieres (2004) sintetizada en el **Cuadro** 21, y obtenida a partir de muestras de “praderas” analizadas por el Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela. De las muestras de jaulas, se puede observar el porcentaje en promedio de PC, FDA, C y DMS (**Cuadro** 19) se aproximaron a valores de 18%, 34.5%, 12 y 63%, respectivamente y que fueron resumidos por Mieres *et al.* (2008) (**Cuadro** 21), respectivamente. El comportamiento de PC en planta alcanza su máximo hacia el invierno, estación en la cual la FDA es mínima (similar al de muestras de jaulas). El % C es mayor al reportado en la citada bibliografía, alcanzando su máximo en invierno.

## 10. CONSIDERACIONES FINALES

Más allá de reconocer que los efectos climáticos tuvieron un importante efecto en la productividad de las pasturas más representativas que utilizan los predios del GIPROCAR II, en términos generales se destaca la existencia de brechas tecnológica de productividad entre lo logrado a nivel comercial con lo obtenido a nivel experimental.

Estas diferencias variaron entre y dentro de las diferentes opciones forrajeras estudiadas, pero es importante destacar que existen casos muy interesantes a nivel co-

mercial que se aproximan a los generados por la investigación, tal es el caso de mejoramiento de campos naturales en la Región Este o pasturas de ciclo corto de Cebada + Trébol rojo o ciclo largo de gramíneas perennes + Trébol blanco con o sin Alfalfa en la Región del Litoral Oeste. Con estas opciones mencionadas fue posible registrar a nivel comercial niveles de productividad superiores a 10 toneladas de MS/ha/año, con una muy buena composición botánica (altas proporción de leguminosas y fracciones verdes, principalmente hojas verdes) que influyeron positivamente en un muy buen valor nutricional del forraje que pueden seleccionar y consumir los animales. Estos valores encontrados de proteína y energía podrían favorecer altas productividades animales, tanto a nivel individual como por unidad de superficie.

Sin embargo, esta situación de pasturas de alta productividad no está generalizada en todas las pasturas que hacen a la “base forrajera” de estos predios, lo cual se pudo corroborar en la disponibilidad promedio de forraje (medido por el RPM) de los establecimientos que se ubicó (en la mayoría de los predios y a lo largo del año y entre años durante el período 2009-2010) por debajo de los valores mínimos recomendados de forraje disponible pos pastoreo (1000 a 1200 kg MS/ha) para favorecer la productividad sustentable de pasturas y animales.

En base a la información obtenida en este artículo y la provista por la encuesta tecnológica realizada por Pravia *et al.* (en esta publicación) a los productores del GIPROCAR demuestran que existen áreas de mejoras en las prácticas agronómicas que aplican los productores, y donde se destaca en particular los niveles de fertilidad que están limitando el potencial productivo de las pasturas que utilizan los mismos, y en especial el déficit del nutriente fósforo.

Una invernada bovina eficiente y de alta productividad requiere de la aplicación de un paquete tecnológico de pasturas de alta precisión que permita explorar los potenciales productivos de las pasturas mejoradas que dispone el Uruguay.

Del punto de vista de la investigación, es claro que existen productores de referencia que con algunas pasturas mejoradas, puras o en mezcla (leguminosas y gramíneas que en la actualidad están alcanzando los niveles de productividad y valor nutritivo del forraje logrados a nivel de las parcelas experimentales. Ello lleva a la necesidad de establecer estrategias que permitan acelerar el proceso de mejorar de la productividad, persistencia, valor nutricional y desestacionalidad (particularmente el "cuello de botella" del verano), donde la mejora genéticas (y la genómica en particular), el riego y avances en las medidas agronómicas -en general- estas tecnologías a aplicar están llamadas a realizar un aporte fundamental hacia este objetivo.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

**Barbazán, M.; Ferrando, M.; Zamalvide, J.** 2008. Diagnóstico nutricional de *Lotus corniculatus* L. en suelos de Uruguay. In: Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS). Publication of the International Plant Nutrition Institute (IPNI). Número 39, Septiembre 2008.

**Bordoli, J.M.** 1998. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y

leguminosas. Manejo de la fertilidad en sistemas extensivos (Cultivos y Pasturas). Facultad de Agronomía. Unidad de Educación Permanente y Postgrado. Pp. 71-79.

**Castro, J.L., Zamuz, E.M., De, Oudri, N.** 1981. Guía de fertilización de pasturas. En: Fertilización de pasturas. CIAAB Estación Experimental La Estanzuela. Miscelánea 37. Capítulo 7. 1-15.

**Formoso, F.** 2008. Principales variables a considerar para aumentar la producción y utilización de forraje, especialmente en otoño e invierno. En: Jornada de producción Animal. Boletín de Divulgación N° 532. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. pp. 1-20

**Formoso, F.** 2010. Festuca arundinacea, manejo para producción de forraje y semillas. Serie Técnica N°182. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. 200 pp.

**García, A.; Quinke, A.** 2012. El Potasio (K) en la producción de cultivos de invierno. In: Jornada Cultivos de Invierno (2012, Mercedes, Soriano, UY). La Estanzuela, INIA. Serie Actividades de Difusión N° 677.

**Hernández, J.** 1997. Potasio. Manejo de la fertilidad en producciones extensivas (Cereales y pasturas). Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. Pp. 29-33.

**Hernández, J.** 2008. Métodos para estimar la disponibilidad de fósforo en los suelos. En: Seminario de Actualización Técnica: Fertilización Fosfatada de Pasturas en la Región Este. Serie técnica N° 172. INIA Treinta y Tres, Uruguay. pp. 7-16.

**Mieres, J.M.** 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Serie Técnica N° 142. INIA La Estanzuela. Colonia, Uruguay. 81 pp.

**Montossi, F.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Berretta, E.J.** 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: Teoría y Práctica. Serie Técnica N° 113. INIA Tacuarembó. Tacuarembó, Uruguay. 84 pp.

**INIA-Coeficientes técnicos.** 2013. Opciones forrajera: producción, utilización y digestibilidad. Información sin publicar generada y resumida en reunión técnica con los Ings. Agrs. W. Ayala, R. Bermúdez, R. Cuadro, y R. Zarza.

## 12. ANEXO: MODELO CALCULO AGUA DISPONIBLE EN EL SUELO-GRAS-INIA

Este modelo utiliza como variables de entrada:

- PRE: Precipitación Efectiva se calcula deduciendo de la precipitación registrada en 84 estaciones meteorológicas (79 de la DNM y 5 de INIA), un valor de escurrimiento superficial estimado en función de la lluvia antecedente (5 días anteriores).
- ETP: Evapotranspiración Potencial o demanda de agua del suelo por parte de la pastura se calcula en función de un modelo físico que estima la evapotranspiración potencial en base a valores diarios de: Temperatura, Humedad del Aire, Velocidad de Viento y Radiación Solar. El método utilizado es el denominado Penman-Monteith.
- CR Agua Suelos: Capacidad de retener agua del suelo para cada una de las unidades de suelo definidas según Carta de Reconocimiento de Suelos de Uruguay escala 1:1.000.000 (Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables, División Suelos y Aguas, MGAP). El tipo de suelo determina la capacidad de retención máxima de agua de la zona de actividad de raíces.

Para cada día se calcula el cambio de almacenaje mediante la aplicación de un modelo logarítmico que considera la retención del agua por parte del suelo (adaptado de Thor-

nthwaite C.W. y Mather J.R. "Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance." Publ. in Climatology, 10:181-311, 1957).

El valor de transpiración diaria corresponde al cambio de almacenaje calculado en el paso anterior.

Variables de Salida del modelo:

- IBH: Índice de Bienestar Hídrico que resulta del porcentaje la transpiración en función de la demanda potencial diaria (ÉTER/FTP). Valores de IBH cercanos a 1.0 indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración cercanos a la demanda potencial. Por el contrario valores de IBH cercanos a 0.0 indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración muy por debajo de la demanda potencial, indicando que climatológicamente la vegetación se encuentra bajo stress hídrico.
- ETR: Evapotranspiración Real.
- ANR: Agua no retenida, es la suma del Escurrimiento superficial y Excesos de agua en el suelo (Agua que excede el contenido de agua del suelo a capacidad de campo).
- ADI: Contenido de agua disponible en el suelo.
- PAD: Porcentaje de agua disponible, como  $ADI/CC \cdot 100$  (CC: capacidad de campo). Nota: la NECESIDAD DE AGUA DE RIEGO como % de la CC es igual a  $(100-PAD)$ .

### SUPUESTOS:

La metodología considera que la vegetación de cobertura es:

- Una pastura (tipo gramínea),
- Intercepta un 100% de la radiación incidente, y
- Se encuentra en activo crecimiento.





# CAPÍTULO V

## EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INVERNADA EN URUGUAY: UN ANÁLISIS DE FRONTERAS DE PRODUCCIÓN

Bruno Lanfranco<sup>1</sup> e Ignacio Buffa<sup>2</sup>

### 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las actividades más importantes para la economía uruguaya. A nivel primario, es realizada por alrededor de 48 mil establecimientos, 85% de los cuales la realizan en exclusividad. El restante 15% lo hace en conjunto con actividades agrícolas. La superficie total ocupada por la ganadería de carne en Uruguay alcanza 13 millones de hectáreas, en donde pastan 11 millones de vacunos y 7,5 millones de ovinos (DIEA, 2012).

En los últimos cinco años, las exportaciones de carne vacuna fresca y congelada, sin hueso, promediaron las 250 mil toneladas peso embarque, reportando anualmente alrededor de 1.000 millones de dólares al país, siendo la actividad exportadora más importante, con el 17% del total de exportaciones del país (URUNET, 2011). Por su lado, el mercado interno de carne vacuna consume en promedio unas 140 mil toneladas por año. Entre los años 2004 y 2009, el consumo anual total de carnes de los uruguayos mostró un comportamiento ascendente, con un promedio de 82 kilos per cápita, de los cuales 52 kilos (63,4%) correspondieron a carne vacuna. En el año 2009, el consumo individual de carne vacuna alcanzó a 58 kilos, significando un total de 190 mil toneladas en todo el país (Costas, Herrera y Correa, 2010).

Tras varios años de muy alto nivel de crecimiento y dinamismo, el sector ganadero uruguayo enfrenta el enorme desafío de superar algunos obstáculos que aún observa, para poder consolidar ese nivel de crecimiento. La ganadería en Uruguay se encuentra hoy ame-

nazada por otras actividades como la forestal y la agrícola, fundamentalmente soja, quienes ejercen una fuerte competencia por el factor tierra. Ello obliga a incrementar sustancialmente la eficiencia económica de la actividad a través del uso de tecnologías de gestión y toma de decisiones en la empresa. Sobre este punto, Helguera, Lanfranco y Majó (2004) sugirieron que la carencia de un paquete tecnológico estandarizado, de aplicación sencilla y validado en situaciones comerciales a escala predial, podría ser una de las razones que expliquen, en alguna medida, su escaso uso por parte de los productores agropecuarios.

Aún en el caso de productores que exhiben un nivel aceptable de adopción de estas tecnologías de gestión y toma de decisiones, con un cierto grado de interacción y colaboración (grupos CREA), existen diferencias de manejo empresarial que sugieren la existencia de ineficiencias que, a su vez, afectan los resultados de la empresa.

Como señalaran Thompson y Thore (1992), las teorías acerca del comportamiento racional de las **Unidades Tomadoras de Decisiones económicas** (UTD) generalmente parten de una cierta premisa. Dado un problema determinado, los individuos o empresas se comportan como si primero reunieran toda la información disponible acerca de las alternativas posibles, realizaran todos los cálculos necesarios para evaluar y comparar dichas alternativas y luego eligieran un curso de acción, maximizando beneficios, bienestar o cualquier otro objetivo plausible. Esta idea se sintetiza a través del concepto de "racionalidad económica", premisa básica en todo análisis económico.

<sup>1</sup>Ing. Agr. PhD. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>2</sup>Ing. Agr. Coordinador Ganadero y Agrícola Ganadero, FUCREA.

Sin embargo, expresada de esta manera la racionalidad económica, resulta difícil explicar el comportamiento “subóptimo” que a menudo se observa por parte de las UTD. Por una razón u otra no arriban a la solución óptima que tal concepto implica. El verdadero concepto de racionalidad no tiene otra connotación que asumir que el productor o la empresa es capaz de tomar las mejores decisiones en su beneficio y en forma consistente, de acuerdo a la información que maneja (Lanfranco y Helguera, 2006). El acceso y procesamiento de la información no es “gratis”, es decir, tiene costo que debe ser incorporado a la función de producción. A veces, el costo de lograr una solución óptima puede ser prohibitivo, al menos para algunas UTD. En otros casos, el productor considera que los beneficios esperados de una tecnología no son suficientes para equiparar y superar los costos de su adopción, incluyendo los costos de información. En ambos casos, puede decirse que la solución que surge de la toma de decisiones no es óptima sino satisfactoria.

Thompson y Thore (1992) reconocieron que aún este concepto es difícil de aplicar a ciertas UTD que no arriban a soluciones racionales definidas de esta manera. Al menos en el corto plazo, algunas UTD no administran los recursos disponibles en forma eficiente, adoptando decisiones subóptimas. Los llamados análisis de fronteras de producción reconocen ese hecho, procurando distinguir aquellas UTD que son más eficientes (localizadas sobre la frontera de producción), de otras que no hacen un uso eficiente de insumos y factores de producción (están “fuera” de dicha frontera).

Surgidos a partir de los conceptos de eficiencia técnica y eficiencia económica desarrollados por Farrell (1957), los análisis de fronteras de producción evolucionaron admitiendo diversos enfoques y modalidades de desarrollo y distintas técnicas de análisis empírico (Bravo-Ureta y Pinheiro, 1993). Actualmente constituyen un amplio cuerpo de técnicas desarrolladas en la disciplina económica, cuyo núcleo distintivo es

el reconocimiento explícito de que algunos tomadores de decisión adoptan soluciones subóptimas, en términos de las relaciones insumo/producto empleadas en la función de producción. Su propósito es distinguir aquellas UTD que son más eficientes, es decir, que se localizan sobre la frontera de producción.

Desde el momento en que más de una UTD se puede ubicar sobre la frontera de producción, son varias las respuestas obtenidas a partir del análisis de fronteras de producción, lo cual indica que la decisión óptima no es única y pueden existir diversas formas de organizar y administrar la producción. Sin embargo, puede decirse que las empresas que no alcanzan la frontera no hacen un uso eficiente de sus insumos, si se las compara con una combinación lineal de las otras empresas, sugiriendo que su desempeño podría mejorar mediando cambios o reacomodos en sus procesos de producción.

El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de un grupo de empresas ganaderas dedicadas fundamentalmente a la invernada de bovinos, en términos del nivel de eficiencia económica exhibido en el empleo de insumos y factores en la producción. A partir de la información productiva y económica registrada, se aplicó el Análisis de Envoltorio de Datos, más conocido como DEA por su sigla en inglés (Data Envelopment Analysis), para estimar en forma empírica la frontera de producción para el grupo de empresas evaluadas. Dentro de dicho grupo se identificaron aquellas UTD que se localizaron sobre la frontera (eficientes) y las que se ubicaron fuera de ella.

Recientemente, Gomes (2008) realizó una importante revisión bibliográfica sobre el uso de modelos basados en el DEA en el sector agropecuario, encontrando un total de ciento cincuenta y ocho referencias en la literatura internacional, hasta mediados de 2007. Posteriormente a esa fecha, se publicaron varios estudios que involucraron la aplicación del DEA en el sector agropecuario. A modo de ejemplo, Gomes, Soares de Mello y de

Freitas (2007) compararon rendimientos de sistemas agrícolas que utilizan tecnología de corte y quema y de trituración de cama de aves por las unidades familiares campesinas de Amazônia Oriental. Por otro lado, Abreu *et al.* (2008) evaluaron diferentes modelos DEA para estudiar la eficiencia de introducción y adaptación de tecnologías en el sistema bovino criador extensivo de la zona del Pantanal.

Gomes, Soares de Mello y Mangabeira (2009) y Gomes *et al.* (2009a) utilizaron distintos modelos DEA para analizar eficiencia y sostenibilidad de sistemas agropecuarios en la Amazônia brasilera. A su vez, Gomes *et al.* (2009b) propusieron el uso de modelos DEA para evaluar la distribución espacial de la eficiencia en el uso de la tierra, por parte de agricultores familiares en el estado de Rondônia. En Argentina, mientras tanto, Arzubi *et al.* (2009) trabajaron con una base de cuarenta explotaciones ovinas ubicadas en la provincia de Buenos Aires para realizar determinaciones de eficiencia técnica y económica.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. La frontera de posibilidades de producción

La llamada función de producción es una relación que representa la cantidad máxima que puede producirse de uno o varios bienes a partir de los recursos disponibles. Por ejemplo, a partir de un rodeo de cría de determinado tamaño, cierto nivel de recursos forrajeros, suplementos minerales y eventualmente granos, mano de obra y otros insumos, como ser específicos veterinarios, se puede producir un máximo potencial de animales para reemplazo o faena (carne).

La forma que adquiere la función de producción, es decir, esa relación entre recursos y productos, depende de la tecnología empleada. Es la tecnología la que pone límites y determina que a partir de una cierta dotación de recursos existe un máximo de productos

a obtener. Puede producirse menos pero nunca más. En forma equivalente, no puede producirse una cantidad determinada de producto sino a partir de una combinación mínima de insumos y factores de producción. Se pueden emplear más recursos de los necesarios pero nunca menos, a menos que se cambie la tecnología. Esto está íntimamente ligado a la idea de eficiencia técnica.

Con frecuencia son varias las combinaciones óptimas posibles de factores e insumos para obtener un producto, así como el portafolio de productos que pueden surgir de una dotación de recursos productivos; raramente existe una sola solución óptima. Se trata de un concepto tecnológico-productivo y no económico, por el cual los insumos y factores de producción admiten cierto grado de sustitución entre sí, sin alterar ni la cantidad ni la calidad de producto obtenido. Ese conjunto de combinaciones óptimas que permiten producir o elaborar una determinada cantidad de producto constituyen lo que se conoce como **frontera de posibilidades de producción** o simplemente **frontera de producción**. El concepto es intuitivo; no se puede traspasar esa frontera sin apelar al cambio tecnológico.

Para conceptualizar mejor estos conceptos puede apelarse a la **Figura 1**. Del lado izquierdo de la gráfica se visualiza la frontera de posibilidades de producción desde el punto de vista del producto. A modo de ejemplo, se consideran dos productos,  $y_1$  e  $y_2$ , que podrían ser carne y lana o terneros y vacas de invernada, etc. A partir de una cierta dotación de recursos, se puede producir cualquier combinación de productos correspondiente al área rayada en azul. Esta se delimita por la curva azul más gruesa, que representa la frontera de producción, allí donde se produce el máximo posible de acuerdo a una cierta dotación de recursos combinados mediante una tecnología determinada. La función de producción nos determina la ubicación de la frontera. Sobre la frontera se ubican las soluciones óptimas o eficientes; por debajo, las soluciones son subóptimas o ineficientes.

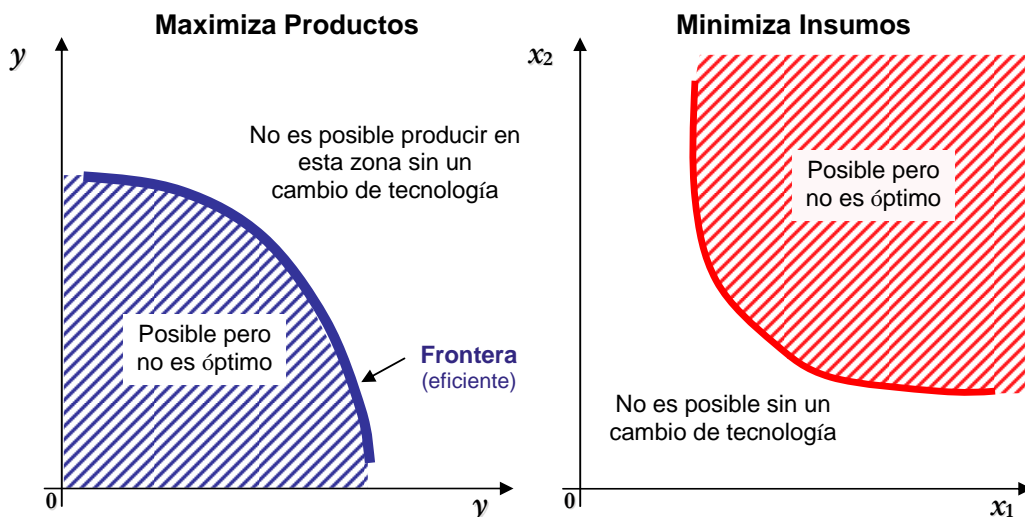


Figura 1. Fronteras de posibilidades de producción.

Del lado derecho se representa el mismo concepto, visto desde el punto de vista de los factores de producción. El área rayada en rojo representa las combinaciones de insumos, en este caso solamente dos ( $x_1$  e  $x_2$ ) para producir una determinada cantidad de producto. La cantidad mínima necesaria, para el nivel tecnológico aplicado está determinada por la frontera (línea gruesa roja). Existen varias combinaciones óptimas posibles pero no es posible producir la cantidad fijada con menos recursos.

Tanto desde el punto de vista teórico como del práctico, el análisis puede realizarse de una forma como o otra pues el resultado es idéntico. Obtener la mayor cantidad posible de producto a partir de un determinado nivel fijo de insumos es exactamente lo mismo que obtener una cantidad determinada de producto empleando la mínima cantidad de insumos posible. En esta investigación se optó por el segundo enfoque por ser de una implementación más sencilla para este caso particular.

## 2.2. Definición de las UTD y construcción de la matriz de datos

El estudio se inició con treinta y nueve predios ganaderos invernadores o UTD provenientes

de catorce grupos CREA localizados en dos zonas contrastantes del país: litoral oeste y cristalino. Dichos predios fueron monitoreados durante tres ejercicios consecutivos (2007/08, 2008/09 y 2009/10). Durante ese período, las UTD registraron toda la información física y económica necesaria para el análisis.

El tamaño de los predios varió entre un mínimo de 57 hectáreas y un máximo de 2.269 hectáreas, con índices de productividad CONEAT que oscilaron entre 82 y 184. Se consideró una función de producción con un producto (carne vacuna) y tres insumos variables (pasturas, suplementos y sanidad). La frontera de producción que engloba el conjunto de UTD considerados en el análisis y que permite realizar medidas de eficiencia en la forma propuesta por Farrell (1957) fue estimada en forma empírica mediante la técnica DEA.

En este estudio, el DEA fue aplicado sobre los datos promedio de un trienio sobre veintisiete de las treinta y nueve UTD iniciales, las que registraron la información requerida durante los tres ejercicios de monitoreo. Aquellas que por alguna razón no registraron datos durante algún año fueron descartadas. El DEA es una técnica de programación lineal que permite determinar que predios o

empresas, dentro de un grupo, se ubican sobre la frontera de producción estimada en forma empírica.

Cada una de ellas es comparada, a través de la combinación de insumos y productos que presenta, con la combinación de insumos y productos de una empresa eficiente, la cual es generada mediante la combinación lineal de las empresas que componen el grupo seleccionado. Esta empresa o UTD compuesta define la frontera de producción alcanzable por las empresas que participan del análisis. Representa las combinaciones de insumos y

productos eficientes para el nivel de tecnología aplicado y envuelve las combinaciones de insumos y productos de las UTD reales (Thompson y Thore, 1992).

Las características de los veintisiete predios ganaderos analizados se presentan en el **Cuadro 1**. Los predios están identificados con el número de UTD asignado al comienzo del trabajo. De los treinta y nueve predios originales, doce fueron descartados por no haber registrado toda la información necesaria durante los tres ejercicios (UTD # 1, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 37 y 38).

**Cuadro 1.** Predios (UTD) participantes en los tres ejercicios.

UTD	Zona	I.C.	SPV (ha)	% Área Mejorada	Verdeos % (I+V)	Dotación UGV/ha	Efic. Stock	Mort (%)	Prod. (kg/ha/año)
2	Cristalino	104	1.163	79	10	1,91	54	1,8	264
3	Cristalino	88	2.310	63	11	1,33	44	1,1	156
4	Cristalino	114	1.006	59	11	1,74	55	2,4	223
5	Cristalino	96	1.403	32	16	1,51	56	4,5	209
6	Cristalino	100	98	80	8	1,29	50	1,3	215
7	Cristalino	86	1.198	97	0	1,60	52	0,6	230
8	Cristalino	121	691	75	2	1,56	55	0,8	227
9	Cristalino	144	1.655	21	12	1,06	38	0,5	116
10	Cristalino	91	566	39	8	1,31	40	1,8	148
11	Cristalino	82	876	45	3	1,07	46	1,8	145
12	Litoral	88	611	27	1	1,27	35	1,7	132
13	Litoral	124	1.039	15	22	1,26	46	0,9	172
14	Litoral	97	751	38	9	1,12	50	2,3	167
15	Litoral	124	517	88	7	1,77	52	1,5	249
16	Litoral	89	624	71	10	1,38	48	1,6	207
17	Litoral	89	741	46	23	1,20	58	1,2	229
18	Litoral	93	442	53	17	1,56	38	2,4	177
20	Litoral	129	475	75	21	1,36	54	1,6	227
24	Litoral	104	389	78	21	1,31	61	1,2	264
26	Litoral	114	715	72	35	1,76	55	1,4	303
31	Litoral	100	531	40	36	1,73	64	1,4	267
32	Litoral	103	557	55	11	1,61	51	2,6	240
33	Litoral	86	404	50	68	2,42	61	3,3	451
34	Litoral	184	317	81	17	1,70	53	2,3	256
35	Litoral	96	184	43	52	1,50	64	1,5	309
36	Litoral	97	123	44	37	2,16	67	2,0	482
39	Litoral	100	58	87	11	2,56	51	2,7	373
Prom. N=27		105	721	57	18	1,56	52	1,8	239

Referencias: UTD: unidades tomadoras de decisiones; I.C.: índice CONEAT; SPV: superficie de pastoreo vacuna; V+I: verdeos de verano e invierno.

Excepto en lo que refiere al índice de productividad CONEAT, cuyo valor es permanente en el período de estudio, los datos presentados corresponden al promedio de los tres ejercicios considerados. El índice CONEAT intenta expresar la relación entre la capacidad de producción de un predio, medida en términos de carne y lana y las unidades de suelo que lo componen. Su uso está muy arraigado y su principal ventaja radica en su fácil interpretación por parte de productores, extensionistas y demás operadores del sector (Lanfranco y Sapriza 2010). El índice CONEAT promedio para las veintisiete UTD fue de 105, en tanto que la mediana y la moda fueron ambas 100. El predio con mayor índice de productividad tenía un CONEAT 184, en tanto que el de menor índice registró 82.

La tercera columna corresponde a la superficie de pastoreo con vacunos (SPV) expresada en hectáreas. El área promedio fue de 721 ha en tanto que la mediana de la distribución se situó en las 611 ha. El rango de áreas se ubico entre un mínimo de 56 ha hasta un máximo de 2.310 ha. Las siguientes dos columnas representan, por un lado la proporción de SPV mejorada (%), sea con praderas artificiales o con mejoramientos de campo (fertilización fosfatada, introducción de gramíneas o leguminosas de mayor calidad) y, por otro lado, la proporción de las áreas con verdes. En este último caso, al considerarse tanto verdes de invierno como de verano, existen superposiciones de área por lo que la suma de estos con la de pasturas y otros mejoramientos puede superar el 100%. El promedio de área mejorada para los veintisiete predios fue de 57%, con un mínimo de 15% y un máximo de 97%. En el caso de las áreas de verdes, el promedio se situó en 18%, variando entre 0 y 68%.

La dotación ganadera, que aparece en la séptima columna, se expresa en términos de unidades ganaderas vacunas por hectárea (UGV/ha SPV). De uso muy extendido en el sector, la UGV equivale a una vaca de cría de

raza británica en estado de preñez al 30 de junio. A partir de esta definición, se asignan equivalencias con las restantes categorías vacunas, de forma de expresar la dotación en una unidad común. La dotación promedio para las veintisiete UTD consideradas fue de 1,56 UGV/ha, variando en un rango de entre 1,06 y 2,56.

La eficiencia del stock se mide en porcentaje y estima la producción anual del rodeo por unidad de carga animal media anual, ambos medidos en kilogramos por hectárea y por año. La eficiencia de stock promedio para las veintisiete UTD se estimó en 52%, mostrando una variación de entre 35% y 67%. La mortandad fue expresada en términos porcentuales de UGV perdidas por muerte en relación a las UGV en stock. El valor promedio fue de 1,8%, variando desde un mínimo de 0,5 a un máximo de 4,5%. La última columna presenta la producción física del predio (carne vacuna) para la variable considerada, en términos de kilogramos de carne en pie por hectárea y por año. El promedio de los tres años para las veintisiete UTD fue 239 kg/ha/año, desde un mínimo anual de 116 kg/ha a un máximo de 482 kg/ha.

El resultado económico de las veintisiete UTD presentado en la **Cuadro 2** corresponde al promedio de los ejercicios 07/08, 08/09 y 09/10. En las cinco columnas que siguen a la identificación de cada UTD, se presenta el producto bruto (PB), el gasto incurrido para cada uno de los tres insumos analizados (pasturas, suplementación y sanidad) y el resultado obtenido, en términos de margen bruto (MB) de la actividad, todas estas cifras expresadas en dólares por hectárea (US\$/ha). El PB promedio para el grupo de empresas fue de US\$/ha 275,83. El gasto promedio en pasturas fue de US\$/ha 68,85. El gasto en suplementación promedió US\$/ha 60,06, en tanto que el de sanidad promedió US\$/ha 7,56. Por su parte, el MB de la actividad promedió US\$/ha 139,37, para el conjunto de predios considerado.



**Cuadro 2.** Producto Bruto, gasto en insumos y margen bruto, por hectárea y por dólar de PB (en US\$).

UTD	Resultado Económico, en US\$/ha (promedio 3 ejercicios)					Gasto y Margen Bruto, por US\$ de PB			
	Producto Bruto	Gasto en Pasturas	Gasto en Supl.	Gasto en Sanidad	Margen Bruto	Gasto en Pasturas	Gasto en Supl.	Gasto en Sanidad	Margen Bruto
2	238,82	68,07	92,84	8,98	68,93	0,29	0,39	0,04	0,29
3	170,27	28,57	23,53	2,55	115,62	0,17	0,14	0,01	0,68
4	255,40	51,81	64,25	2,57	136,78	0,20	0,25	0,01	0,54
5	219,25	50,38	36,63	3,87	128,37	0,23	0,17	0,02	0,59
6	287,75	43,82	78,68	5,12	160,12	0,15	0,27	0,02	0,56
7	263,23	57,22	26,85	7,65	171,51	0,22	0,10	0,03	0,65
8	273,54	81,08	128,57	8,11	55,78	0,30	0,47	0,03	0,20
9	122,15	30,11	11,96	2,18	77,91	0,25	0,10	0,02	0,64
10	166,43	42,16	38,62	2,72	82,94	0,25	0,23	0,02	0,50
11	165,19	58,84	8,13	6,58	91,64	0,36	0,05	0,04	0,55
12	119,20	19,71	23,67	4,54	71,28	0,17	0,20	0,04	0,60
13	204,06	41,58	19,44	4,74	138,30	0,20	0,10	0,02	0,68
14	178,30	44,18	25,69	2,73	105,70	0,25	0,14	0,02	0,59
15	209,58	77,17	59,80	7,03	65,59	0,37	0,29	0,03	0,31
16	191,30	68,11	20,09	4,81	98,28	0,36	0,11	0,03	0,51
17	247,32	35,41	22,24	7,20	182,47	0,14	0,09	0,03	0,74
18	171,26	22,51	39,45	8,05	101,25	0,13	0,23	0,05	0,59
20	262,74	69,53	14,23	6,77	172,21	0,26	0,05	0,03	0,66
24	355,41	68,68	29,35	3,87	253,51	0,19	0,08	0,01	0,71
26	396,45	122,32	35,82	6,07	232,23	0,31	0,09	0,02	0,59
31	326,64	86,05	65,92	13,94	160,73	0,26	0,20	0,04	0,49
32	293,23	37,96	64,96	5,08	185,24	0,13	0,22	0,02	0,63
33	579,89	207,70	251,20	27,30	93,69	0,36	0,43	0,05	0,16
34	267,52	78,03	64,68	10,55	114,27	0,29	0,24	0,04	0,43
35	345,94	145,93	39,87	9,06	151,08	0,42	0,12	0,03	0,44
36	613,16	152,83	205,31	20,43	234,59	0,25	0,33	0,03	0,38
39	523,47	69,16	129,79	11,67	312,84	0,13	0,25	0,02	0,60
<b>Promedio</b>	<b>275,83</b>	<b>68,85</b>	<b>60,06</b>	<b>7,56</b>	<b>139,37</b>	<b>0,25</b>	<b>0,20</b>	<b>0,03</b>	<b>0,53</b>

Normalizando mediante el PB se obtienen los datos de la segunda mitad del Cuadro. Obviando la columna de PB por ser ahora un vector de unos, las siguientes tres columnas representan el nivel de gastos de cada insumo, en términos de dólares empleados para obtener

cada dólar de PB. Este es el costo promedio en cada insumo necesario para obtener una unidad monetaria de producto. Estas son las variables de interés para el modelo utilizado en este trabajo. La última columna, presenta el MB obtenido por cada dólar de PB.

### 2.3. Construcción y cómputo del modelo de análisis

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) describieron el método DEA como un modelo de programación matemática que, aplicado sobre datos empíricos, ofrece una nueva forma de obtener estimaciones de relaciones tales

como las que configuran funciones de producción o superficies de posibilidades (fronteras) de producción.

Antes de presentar el modelo DEA aplicado en esta investigación es conveniente definir la notación utilizada. Sea:

Notación:	Descripción
$n = 1, \dots, N$ firmas.	El índice que identifica a las UTD.
$r = 1, \dots, R$ productos.	El índice de los productos utilizados por las UTD.
$m = 1, \dots, M$ insumos.	El índice de los insumos o factores utilizados por las UTD.
$\mathbf{q}'_n = (\mathbf{q}_{1n}, \mathbf{q}_{2n}, \dots, \mathbf{q}_{Rn})$	El vector columna ( $R \times 1$ ) de productos de la enésima UTD.
$\mathbf{x}'_n = (\mathbf{x}_{1n}, \mathbf{x}_{2n}, \dots, \mathbf{x}_{Mn})$	El vector columna ( $M \times 1$ ) de insumos de la enésima UTD.
$\boldsymbol{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N)$	El vector fila ( $1 \times N$ ) de ponderadores para las N firmas.
$\theta$	Un escalar theta que representa el "factor de escalamiento".

Tanto los insumos como los productos pueden combinarse linealmente a través del vector  $\boldsymbol{\lambda}$  cuyos ponderadores  $\lambda_n > 0$  son no negativos, para  $n = 1, \dots, N$ :

$$\mathbf{x}_1 \lambda_1 + \mathbf{x}_2 \lambda_2 + \dots + \mathbf{x}_N \lambda_N \tag{1}$$

$$\mathbf{q}_1 \lambda_1 + \mathbf{q}_2 \lambda_2 + \dots + \mathbf{q}_N \lambda_N \tag{2}$$

El enfoque aquí utilizado considera que cada UTD exhibe retornos a escala constantes o modelo CCR (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978). Si la enésima UTD opera a un factor  $\lambda_n$ , sus productos pueden expresarse como  $\mathbf{q}_n \lambda_n$  y sus insumos como  $\mathbf{x}_n \lambda_n$ . Siguiendo un desarrollo similar al ejemplificado por Thompson y Thore (1992), si se construye una "UTD compuesta" que opera la unidad  $n$  con un factor  $\lambda_n$ , para  $n = 1, \dots, K$ , y se identifica como  $(\mathbf{x}^\lambda, \mathbf{q}^\lambda)$ , su portafolio de productos será igual a (2) obtenido con el nivel de insumos (1).

El propósito del análisis de fronteras es distinguir las UTD "eficientes", ubicadas en la frontera de producción de aquellas "no eficientes", localizadas fuera de ésta. Las primeras hacen un empleo óptimo de los insumos y factores de producción en tanto que

las últimas hacen tan solo un uso subóptimo. Si  $(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$  es una empresa real, o sea, una de las UTD bajo estudio de forma  $(\mathbf{x}_k, \mathbf{q}_k)$ , para  $k \in n = 1, 2, \dots, N$ , sus insumos y productos se pueden comparar con los de  $(\mathbf{x}^\lambda, \mathbf{q}^\lambda)$ . Por tanto, si se puede encontrar un vector  $\boldsymbol{\lambda}$  de ponderadores tal que:

$$\mathbf{q}^\lambda \geq \mathbf{q}^0 \tag{3}$$

$$\mathbf{x}^\lambda < \mathbf{x}^0 \tag{4}$$

se puede afirmar que  $(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$  es dominada o ineficiente ya que existe una UTD compuesta que requiere menos insumos (4) para producir al menos la misma cantidad de producto (3). Si el vector  $\boldsymbol{\lambda}$  de ponderadores no existe, entonces decimos que  $(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$  no es dominada o es eficiente en escala y se encuentra localizada en la frontera de producción.

Re-escalando (3) y (4) mediante el "factor de escalamiento"  $\theta$ :

$$\mathbf{q}^\lambda \geq \theta \mathbf{q}^0, \tag{5}$$

$$\mathbf{x}^\lambda \leq \theta \mathbf{x}^0, \tag{6}$$

$$0 \leq \theta \leq 1. \tag{7}$$



se puede decir que  $(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$  es ineficiente si existe una UTD compuesta  $(\mathbf{x}^1, \mathbf{q}^1)$  tal que las condiciones (5), (6) y (7) son satisfechas con  $\theta < 1$ . Si  $\theta > 1$  para todas las UTD compuestas de este tipo, entonces  $(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$  es eficiente.

El factor  $\theta$  es un multiplicador que hace que la combinación insumo/producto de una firma real sea tan eficiente como las que conforman la frontera de producción. Reescala los insumos de  $\mathbf{x}^0$  a  $\theta \mathbf{x}^0$  en forma equiproporcional (retornos a escala). Cuanto menor sea  $\theta$ , más cerca se encontrará la firma de alcanzar la condición de eficiencia para el grupo de empresas considerado (industria). Minimizando  $\theta$  se minimiza la distancia que separa a la firma de la frontera de producción, esto es, del nivel alcanzable de eficiencia. A priori se asume que ninguna de las empresas reales  $(\mathbf{x}_n, \mathbf{q}_n)$ , para  $n = 1, \dots, N$ , domina a alguna de las restantes empresas reales.

El problema de encontrar el menor valor posible de  $\theta$  puede expresarse como:

Minimizar  $\theta$  (8)

Sujeto a:

$$\begin{aligned} & \mathbf{q}_1 \lambda_1 + \mathbf{q}_2 \lambda_2 + \dots + \mathbf{q}_N \lambda_N > \mathbf{q}^0, \\ & \mathbf{x}_0 \theta - (\mathbf{x}_1 \lambda_1 + \mathbf{x}_2 \lambda_2 + \dots + \mathbf{x}_N \lambda_N) > 0, \\ & \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N > 0, \\ & \theta \text{ no presenta restricciones a priori.} \end{aligned}$$

Dado que tanto  $\mathbf{x}^0$ , como  $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_N$ , son todos no negativos, la segunda restricción obliga al factor  $\theta$  a ser también no negativo, si bien no se trata de una restricción explícita. La restricción  $\theta \leq 1$  no se incluye en (8) porque se produce en forma automática. Una solución posible es que  $\theta = 1, \lambda_n = 1$ , para  $n = k$  y  $\lambda_n = 0$ , para  $n \neq k$  ya que satisface todas las restricciones, es decir que siempre es posible llevar el valor de  $\theta$  a uno. Si la solución óptima del problema en (8) es  $\theta^* = 1$ , entonces la UTD  $(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$  es eficiente en escala y si  $\theta^* < 1$ , entonces es ineficiente.

Apelando a uno de los resultados más importantes en programación lineal, como el teorema de dualidad, el problema original (primal) se puede expresar también en su

forma dual, definiendo los vectores  $\mathbf{u}$ , de dimensión  $(R \times 1)$ , y  $\mathbf{v}$ , de dimensión  $(M \times 1)$ , cuyos elementos son los precios sombra normalizados de productos e insumos que enfrenta cada UTD, respectivamente. Winston (1994) señaló que, en esencia, el teorema de dualidad establece que ambos problemas (primal y dual) tienen una misma solución, o sea, que los valores óptimos que surgen de las respectivas funciones objetivo son las mismas. Así, la forma dual de (8) es:

Maximizar  $\mathbf{u}'\mathbf{q}^0$  (9)

Sujeto a:  $\begin{aligned} & \mathbf{v}'\mathbf{x}^0 = 1, \\ & \mathbf{u}'\mathbf{q}_j - \mathbf{v}'\mathbf{x}_j \leq 0, \\ & \mathbf{u}, \mathbf{v} \geq 0. \end{aligned}$

La restricción  $\mathbf{v}'\mathbf{x}^0 = 1$  surge del hecho que el valor de  $\theta$  no fue restringido explícitamente en (8). Se trata de un factor de normalización que simplemente toma una de entre la infinita cantidad de soluciones posibles, pudiendo ser impuesta o no (Thompson y Thore 1992).

La solución que optimiza el problema (9) es el mismo factor de multiplicación  $\theta$  que surge del problema (8), de acuerdo al teorema de dualidad. Para la  $k$ -ésima UTD,  $\mathbf{u}'\mathbf{q}_k$  equivale al ingreso marginal en tanto que equivale al costo marginal. Si la UTD es eficiente, entonces  $\mathbf{u}'\mathbf{q}_k = 1$  y la solución óptima implica que  $\mathbf{u}'\mathbf{q}_j = \mathbf{v}'\mathbf{x}_k = \theta = 1$ . Por el contrario, si la UTD en cuestión es ineficiente, entonces  $\mathbf{u}'\mathbf{q}_k < 1$ , o sea que  $\mathbf{u}'\mathbf{q}_k - \mathbf{v}'\mathbf{x}_k = \theta < 1$ . Adicionalmente, a partir del problema dual se pueden establecer las condiciones complementarias de holgura:

$\mathbf{u}'(-\mathbf{q}^0 + \mathbf{x}\lambda) = 0,$  (10)

$\mathbf{v}'(-\mathbf{x}\lambda + \theta \mathbf{x}^0) = 0.$  (11)

Si  $\mathbf{u} > 0$  significa que  $\mathbf{q}^0 = \mathbf{x}\lambda$ , en tanto que si  $\mathbf{v} > 0$ , entonces  $\mathbf{x}\lambda = \theta \mathbf{x}^0$ . Esto significa que la UTD  $(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$  es tan eficiente como la  $(\mathbf{x}^1, \mathbf{q}^1)$  en el uso de productos e insumos. La restante condición de holgura es:

$\lambda(\mathbf{u}'\mathbf{q}_k - \mathbf{v}'\mathbf{x}_k) = 0.$  (12)

La condición (12) es análoga al concepto de pérdida marginal. El vector  $\lambda$  contiene los ponderadores que identifican a la combinación insumo/producto más "cercana" ubicada en la frontera de producción. Si  $\lambda_k < 0$  para  $k = n = 1, \dots, N$ : significa que el ingreso marginal es igual al costo marginal ( $u'q_k = v'x_k$ ) y la UTD es eficiente.

El modelo de programación lineal presentado en (8) fue desarrollado en lenguaje GAMS (General Algebraic Modeling System), en su versión 2.0.36.7, y computado utilizando el solver CPLEX. El modelo fue optimizado para cada una de las UTD ( $N = 27$ ), considerando una función de producción de un producto ( $R = 1$ ) de modo que el vector  $q$  se transforma en el escalar  $q$  y tres insumos ( $M = 3$ ), de modo que  $x_n$  es un vector de tres elementos ( $x_{n1}, x_{n2}$  y  $x_{n3}$ ). El modelo de optimización se redujo a elegir los elementos de  $\theta$  y  $\lambda_n$  de modo que:

$$\text{Minimizar } \theta_k \quad k \in n = 1, \dots, 27 \quad (13)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} q_1\lambda_1 + q_2\lambda_2 + \dots + q_{27}\lambda_{27} &\geq q^0, \\ x^0\theta - (x_1\lambda_1 + x_2\lambda_2 + \dots + x_{27}\lambda_{27}) &\geq 0, \\ \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{27} &\geq 0, \\ \theta_k &\text{ sin restricciones.} \end{aligned}$$

De esta forma, las veintisiete UTD se ordenaron en un ranking de eficiencia, de acuerdo a los valores de  $\theta$  calculados. En cada caso se computó el vector de los ponderadores  $\lambda$  que definen la UTD compuesta ( $x^\lambda, q^\lambda$ ) frente a la cual se comparó ( $x^0, q^0$ ). Adicionalmente, se computaron los valores marginales del vector  $\lambda$  para la condición de holgura (12).

Los valores marginales  $\lambda_n$  permitieron establecer la pérdida marginal de eficiencia de ( $x^0, q^0$ ) por utilizar su propia combinación de insumos/productos ( $\lambda_k$ ), así como las ganancias o pérdidas potenciales de eficiencia que incurriría por utilizar las combinaciones de insumos/productos de las restantes UTD ( $\lambda_n$  para  $n \neq k$ ).

## 2.4. Análisis de la relación entre eficiencia y parámetros productivos

A los efectos de completar el análisis, se intentó establecer una relación entre el nivel de eficiencia económica alcanzado y algunos índices productivos (tamaño y productividad de la superficie de pastoreo, producción de carne por hectárea y eficiencia del stock), de manejo (dotación, proporción del área mejorada) y económicos (margen bruto por hectárea). Se estimó una matriz de correlaciones (Davidson y MacKinnon, 1993) para verificar algún tipo de correlación lineal entre dichas variables. En una segunda instancia y con el mismo objetivo, se estimó un modelo de regresión multivariada utilizando como variable dependiente el valor calculado de eficiencia. Debido a la restricción implícita de theta ( $0 < \theta < 1$ ) se utilizó un modelo de regresión adecuado a la presencia de truncamiento en la variable dependiente (Tobit) estimado mediante el método de máxima verosimilitud (Maddala, 1983).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Resultados físicos y económicos de las UTD seleccionadas

No es posible presentar en el espacio disponible en este artículo los resultados completos de las veintisiete optimizaciones, cada una de las cuales involucró el cómputo de treinta y dos parámetros en forma directa ( $\theta, \lambda_n$  para  $n = 1, \dots, 27$ , u y  $v_m$  para  $m = 1, 2, 3$ ). Los mismos se encuentran disponibles a solicitud del lector interesado. El **Cuadro 3** presenta los resultados principales para cada UTD analizada ( $x^0, q^0$ ). La segunda columna presenta el índice de eficiencia theta ( $\theta$ ). La tercera columna corresponde al valor marginal del ponderador  $\lambda$  que, cuando es mayor a cero, expresa la pérdida marginal de eficiencia por el uso de la combinación insumo/producto observada, en tanto que en la última columna se presentan los valores de los ponderadores que conforman la UTD compuesta ( $x^\lambda, q^\lambda$ ) más cercana ubicada en la frontera de producción (eficiente) contra la cual la UTD ( $x^0, q^0$ ) es comparada. Nótese

que, al tratarse de ponderadores, se cumple que  $\sum \lambda_n = 1$  para  $n = 1, \dots, 27$ .

Los resultados obtenidos muestran que seis fueron las UTD que resultaron económicamente eficientes en la combinación de insumos utilizada. Las UTD identificadas como  $k = 4, 11, 17, 20, 24$  y  $32$  lograron un índice de eficiencia  $\theta_k = 1$ , lo cual indica que se localizaron en la frontera de producción. En tanto que sus respectivos niveles de  $\lambda_k = 1$  y  $\lambda_n = 0$  para  $n \neq k$  indican que no existe ninguna combinación que las domine. Dichas UTD utilizaron la mejor combinación de insumos posibles, para los niveles de precios que debieron hacer frente.

En un segundo nivel se encuentran cuatro UTD, cuyo valor de eficiencia fue superior a 90% ( $0,9 < \theta < 1$ ). En orden descendente, éstas fueron la UTD #18 ( $\theta = 0,984709$ ), la #3 ( $\theta = 0,984192$ ), la #39 ( $\theta = 0,979715$ ) y la #6 ( $\theta = 0,915436$ ). Denotando un nivel de eficiencia menor aun, cinco UTD mostraron un índice de entre 80 y 90% ( $0,8 < \theta < 0,9$ ) mientras que tres UTD mostraron un valor entre 70 y 80% ( $0,7 < \theta < 0,8$ ). El primer grupo estuvo conformado por la UTD #13 ( $\theta = 0,873121$ ), la #26 ( $\theta = 0,864152$ ), la #12 ( $\theta = 0,819943$ ), la #9 ( $\theta = 0,808541$ ) y la #7 ( $\theta = 0,808191$ ). En el otro grupo se ubicaron la #14 ( $\theta = 0,753379$ ), la #5 ( $\theta = 0,750813$ ) y la #10 ( $\theta = 0,725171$ ).

**Cuadro 3.** Estimación de los índices de eficiencia para los veintisiete predios ganaderos (UTD) analizados.

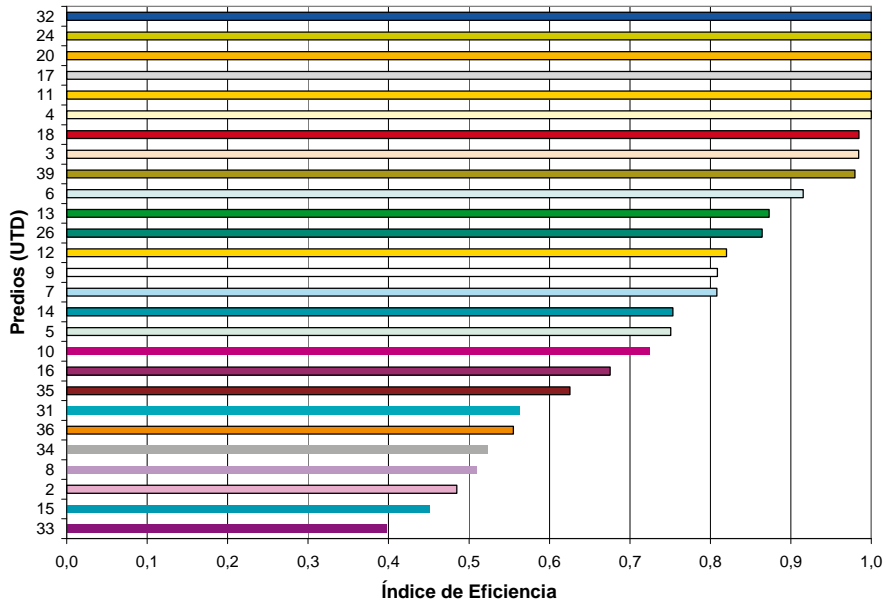
UTD <sub>j</sub>	Índice de Eficiencia $\theta_j$	Pérdida Marginal $\lambda_j$	Ponderadores de la UTD compuesta ( $x^j, q^j$ ) más cercana en la frontera de producción (eficiente)
2	0,484914	0,515086	$\lambda_{17} = 0,137 + \lambda_{24} = 0,108 + \lambda_{32} = 0,755$ .
3	0,984192	0,015808	$\lambda_{17} = 0,076 + \lambda_{24} = 0,543 + \lambda_{32} = 0,381$ .
4	1,000000	0,000000	$\lambda_4 = 1,000$ . La UTD4 no está dominada por ninguna UTD compuesta ( $x^j, q^j$ ).
5	0,750813	0,249187	$\lambda_{17} = 0,022 + \lambda_{24} = 0,671 + \lambda_{32} = 0,307$ .
6	0,915436	0,084564	$\lambda_{24} = 0,156 + \lambda_{32} = 0,844$ .
7	0,808191	0,191809	$\lambda_{17} = 0,568 + \lambda_{20} = 0,152 + \lambda_{24} = 0,280$ .
8	0,509979	0,490021	$\lambda_{24} = 0,340 + \lambda_{32} = 0,660$ .
9	0,808541	0,191459	$\lambda_{17} = 0,079 + \lambda_{20} = 0,140 + \lambda_{24} = 0,781$ .
10	0,725171	0,274829	$\lambda_{24} = 0,850 + \lambda_{32} = 0,150$ .
11	1,000000	0,000000	$\lambda_{11} = 1,000$ . La UTD11 no está dominada por ninguna UTD compuesta ( $x^j, q^j$ ).
12	0,819943	0,180057	$\lambda_{17} = 0,446 + \lambda_{32} = 0,554$ .
13	0,873121	0,126879	$\lambda_{17} = 0,439 + \lambda_{20} = 0,093 + \lambda_{24} = 0,468$ .
14	0,753379	0,246621	$\lambda_{24} = 0,897 + \lambda_{32} = 0,103$ .
15	0,451898	0,548102	$\lambda_{17} = 0,119 + \lambda_{24} = 0,554 + \lambda_{32} = 0,327$ .
16	0,675379	0,324621	$\lambda_{20} = 0,410 + \lambda_{24} = 0,590$ .
17	1,000000	0,000000	$\lambda_{17} = 1,000$ . La UTD17 no está dominada por ninguna UTD compuesta ( $x^j, q^j$ ).
18	0,984709	0,015291	$\lambda_{32} = 1,000$ .
20	1,000000	0,000000	$\lambda_{20} = 1,000$ . La UTD20 no está dominada por ninguna UTD compuesta ( $x^j, q^j$ ).
24	1,000000	0,000000	$\lambda_{24} = 1,000$ . La UTD24 no está dominada por ninguna UTD compuesta ( $x^j, q^j$ ).
26	0,864152	0,135848	$\lambda_{20} = 0,159 + \lambda_{24} = 0,841$ .
31	0,563193	0,436807	$\lambda_{17} = 0,655 + \lambda_{24} = 0,156 + \lambda_{32} = 0,189$ .
32	1,000000	0,000000	$\lambda_{32} = 1,000$ . La UTD32 no está dominada por ninguna UTD compuesta ( $x^j, q^j$ ).
33	0,397667	0,602333	$\lambda_{17} = 0,206 + \lambda_{24} = 0,159 + \lambda_{32} = 0,635$ .
34	0,523800	0,476200	$\lambda_{17} = 0,432 + \lambda_{24} = 0,273 + \lambda_{32} = 0,294$ .
35	0,625419	0,374581	$\lambda_{20} = 0,370 + \lambda_{24} = 0,630$ .
36	0,555223	0,444777	$\lambda_{17} = 0,159 + \lambda_{24} = 0,106 + \lambda_{32} = 0,735$ .
39	0,979715	0,020285	$\lambda_{32} = 1,000$ .

En un rango de eficiencia superior a 50% pero menor a 70% ( $0,5 < \epsilon < 0,7$ ) se ubicaron seis UTD, a saber, #16 ( $\epsilon = 0,675379$ ), #35 ( $\epsilon = 0,625419$ ), #31 ( $\epsilon = 0,563193$ ), #36 ( $\epsilon = 0,555223$ ), #34 ( $\epsilon = 0,523800$ ) y #8 ( $\epsilon = 0,509979$ ). Finalmente, solamente tres UTD registraron un índice inferior a 50% ( $\epsilon < 0,5$ ). Ellas fueron la #2 ( $\epsilon = 0,488914$ ), #15 ( $\epsilon = 0,451898$ ) y #33 ( $\epsilon = 0,397667$ ).

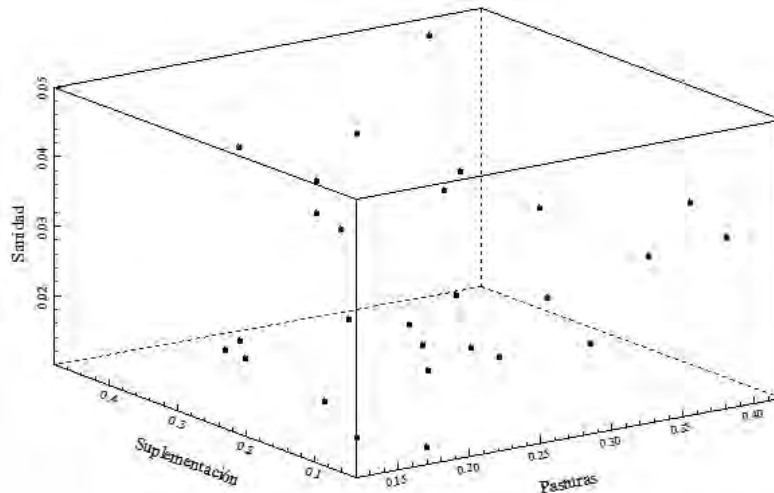
### 3.2. Análisis gráfico de la eficiencia de producción

En la **Figura 2** se aprecia el ranking de eficiencia de los predios participantes, liderado por los seis predios cuyo índice de eficiencia fue  $\epsilon = 1$ .

En la **Figura 3** se aprecia la distribución de las UTD en el espacio tridimensional (XYZ) de los insumos (pasturas, suplementación y sanidad),



**Figura 2.** Ranking de eficiencia de los 27 predios (UTD) participantes del estudio.



**Figura 3.** Representación espacial del uso de los tres insumos por unidad de producto, en dólares.

expresado en la cantidad de dólares gastados en dichos insumos (\$Pa, \$Su y \$Sa) por cada dólar de carne producido (\$Producto).

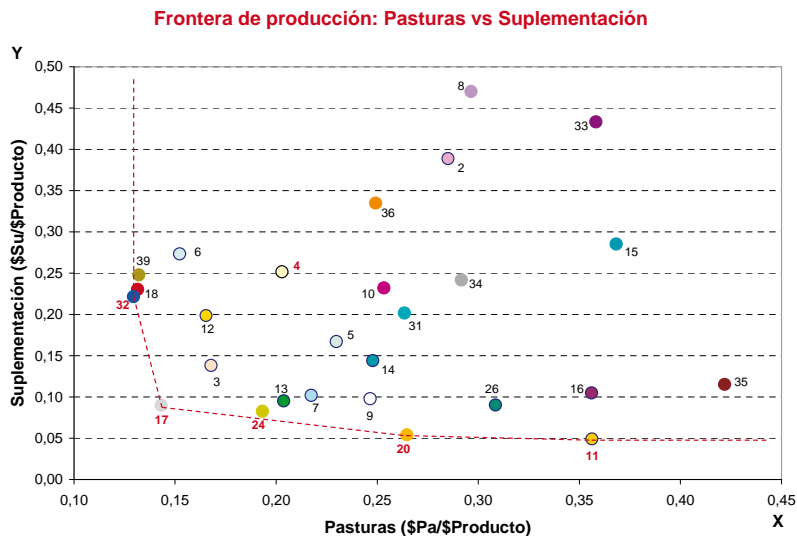
La frontera o nivel de eficiencia ( $\theta = 1$ ) se corresponde con un área tridimensional de puntos que no está representada (para hacerla más legible). Dicha frontera envuelve "por debajo" a los puntos que se corresponden con cada uno de los predios, representados a través de la combinación particular en que emplean los tres insumos considerados. No hay predios ubicados por debajo de la frontera, es decir, entre ésta y los ejes de la gráfica. Aquellos cuya combinación de insumos se ubicó sobre la frontera son los eficientes en tanto que los ubicados por encima son los que exhiben algún grado de ineficiencia respecto a la frontera. A nivel gráfico, la distancia entre un predio y el punto más cercano de la frontera marca precisamente ese grado de ineficiencia.

Para ilustrar mejor el comportamiento de los 27 predios es conveniente graficar cada par de insumos en dos dimensiones (XY, YZ y XZ). Así, la **Figura 4** ilustra la relación entre el uso de pasturas (X) y suplementación (Y), medida en unidades monetarias. Cada predio se identifica por su número (UTD#) y utiliza el mismo color que en el ranking (**Figura 2**). A su vez, el número de los seis predios eficientes se presenta en

color rojo, para facilitar su visualización. Así por ejemplo, la UTD# 32 se representa con un punto de color azul y su número de identificación en rojo. También en color rojo se representa la línea de corte de la frontera en el plano XY.

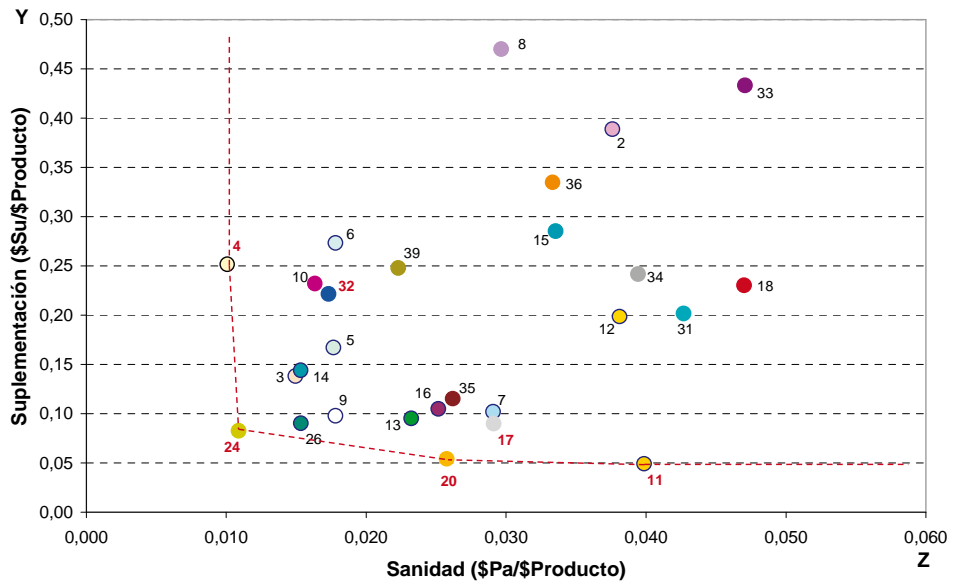
Las mejores relaciones entre pasturas y suplementación se obtuvieron en los predios #32, #17, #20 y #11. De los otros dos predios eficientes, el #24 mostró una relación muy cercana a la frontera mientras que dicha relación no fue de las mejores para el predio #4.

La relación entre el uso de sanidad (Z) y suplementación (Y) se presenta en la **Figura 5**. En este caso, las mejores relaciones se obtuvieron en los predios #4, #24, #20 y #11, en tanto que los predios #32 y #17 mostraron relaciones por debajo del óptimo en esta relación. Finalmente, la relación entre el uso de sanidad (Z) y pasturas (X) aparece en la **Figura 6**, donde las mejores relaciones entre el empleo de estos insumos se verificó en los predios #32, #24 y #4. Los tres restantes predios, #17, #20 y #11 mostraron diversos grados de pérdida en la eficiencia, que no obstante no impidió su inclusión en el grupo de mayor eficiencia global. Nótese por ejemplo, que el predio #33 mostró niveles muy bajos de eficiencia parcial en las tres dimensiones, lo cual explica su posición en el último lugar del ranking ( $\theta = 0,397667$ ).



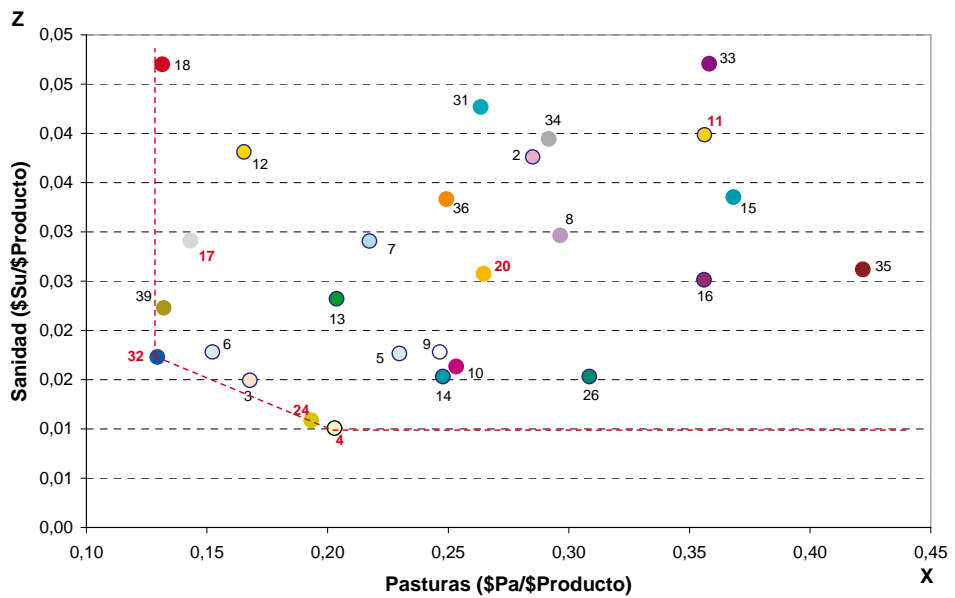
**Figura 4.** Eficiencia respecto a la relación del gasto en pasturas y suplementación.

**Frontera de producción: Sanidad vs Suplementación**



**Figura 5.** Eficiencia respecto a la relación del gasto en sanidad y suplementación.

**Frontera de producción: Pasturas vs Sanidad**



**Figura 6.** Eficiencia respecto a la relación del gasto en pasturas y sanidad.

### 3.3. Niveles de eficiencia a nivel de cada predio

Las restricciones de espacio no permiten discutir en detalle los resultados para cada UTD. A modo meramente ilustrativo, en el **Cuadro 4** se presenta brevemente la situación verificada para la UTD #13, ubicada en el onceavo lugar del ranking ( $\theta = 0,873121$ ) e identificado con color verde claro. El nivel de eficiencia alcanzado por esta UTD<sup>0</sup> = ( $\mathbf{x}^0$ ,  $\mathbf{q}^0$ ) resultó en un 87,3% de la obtenida por la compuesta UTD<sup>λ</sup> = ( $\mathbf{x}^\lambda$ ,  $\mathbf{q}^\lambda$ ) más cercana en la frontera de producción.

El nivel de gasto  $\mathbf{x}^0$  por unidad de producto, medido en centavos de dólar por dólar de carne vacuna en pie, para la UTD<sup>0</sup> fue de ¢20,38 en pasturas, ¢9,52 en suplementación y ¢\$2,32 en sanidad. El nivel de eficiencia más cercano sobre la frontera está dado por la UTD compuesta. Para esta, UTD<sup>λ</sup> = ( $\mathbf{x}^\lambda$ ,  $\mathbf{q}^\lambda$ ) =  $\lambda_{17}(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0) + \lambda_{20}(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0) + \lambda_{24}(\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0)$ , el valor calculado para los ponderadores fue  $\lambda_{17} = 0,439$ ,  $\lambda_{20} = 0,093$ ,  $\lambda_{24} = 0,468$  y  $\lambda_n = 0$ , para  $n \lambda$  (#17, #20, #24), tal que  $\sum \lambda_n = \lambda_{17} + \lambda_{20} + \lambda_{24} = 1$ . En este caso, el nivel de gasto por dólar de carne en pie sería de ¢17,79 en pasturas, ¢8,32 en suplementación y ¢2,03 en sanidad.

Para la UTD<sup>0</sup>, el valor de  $\lambda_{13} = 0$  debido a que no se encuentra en la frontera de producción

y por lo tanto no forma parte de la UTD<sup>λ</sup>. Su valor marginal (0,127) indica una pérdida de eficiencia de 12,7% al utilizar su propia combinación de insumos, frente al que alcanzaría de utilizar el nivel de la UTD<sup>λ</sup>. Por cada dólar que produce de carne vacuna en pie, la UTD<sup>0</sup> gasta, en forma adicional, ¢2,59 más en pasturas, ¢1,21 más en suplementación y ¢0,29 más en sanidad que la UTD compuesta.

El **Cuadro 5** muestra el gasto promedio de las UTD ubicadas en cada rango de eficiencia. En términos generales, a mayor nivel de eficiencia, menor el gasto promedio por unidad de producto en todos los insumos y mayor el margen bruto (MB) por hectárea. Sin embargo, si bien el gasto promedio en pasturas de las seis UTD eficientes ( $\theta = 1,000$ ) fue algo superior (¢7 por unidad de producto) que el registrado por las UTD no eficientes pero ubicadas en un nivel superior a 90% ( $0,9 < \theta < 1,0$ ), esto se vio más que compensado por un menor gasto en suplementación (¢10 por unidad de producto).

De la misma manera, el gasto promedio más bajo en sanidad correspondió al grupo ubicado en el rango de entre 70 y 80%, siendo menos eficientes, no obstante, en el nivel promedio de gasto en pasturas que las UTD que verificaron un índice superior

**Cuadro 4.** Parámetros calculados para la UTD<sup>0</sup> y la UTD<sup>λ</sup> más cercana en la frontera de producción

UTD ( $\mathbf{x}^0, \mathbf{q}^0$ )	Parámetros Estimados		Insumos	Gasto por dólar de producto (en centavos de US\$)		
				Pasturas	Suplementación	Sanidad
k	$\lambda_k$	Valor	$\mathbf{x}_{km}$	$\mathbf{x}_{k1}$	$\mathbf{x}_{k2}$	$\mathbf{x}_{k3}$
13	$\lambda_{13}$	0,000	$\mathbf{x}^0$	20,38	9,52	2,32
Eficiencia	$\theta$	0,873	$\theta \mathbf{x}^0$	17,79	8,32	2,03
n	$\lambda_n$	Valor	$\mathbf{x}_n$	$\mathbf{x}_{n1}$	$\mathbf{x}_{n2}$	$\mathbf{x}_{n3}$
17	$\lambda_{17}$	0,439	$\mathbf{x}_{17}$	14,32	8,99	2,91
20	$\lambda_{20}$	0,093	$\mathbf{x}_{20}$	26,46	5,42	2,58
24	$\lambda_{24}$	0,468	$\mathbf{x}_{24}$	19,32	8,26	1,09
( $\mathbf{x}^\lambda, \mathbf{q}^\lambda$ )	$\sum \lambda_n$	1,000	$\mathbf{x}^\lambda$	17,79	8,32	2,03
Ineficiencia	$\lambda_{13}$ marginal	0,127	$\mathbf{x}^\lambda \leq \mathbf{x}^0$	2,59	1,21	0,29



**Cuadro 5.** Gasto promedio por unidad de producto y margen bruto por hectárea, por rango de eficiencia.

Rango de Eficiencia	Cantidad de predios en el rango	Promedio de gasto por unidad de producto (US\$)			Margen Bruto promedio (US\$/ha)
		Pasturas	Suplementación	Sanidad	
$\theta = 1,0$	6	0,215	0,125	0,022	170,31
$0,9 < \theta < 1,0$	4	0,146	0,222	0,026	172,46
$0,8 < \theta < 0,9$	4	0,228	0,117	0,025	138,25
$0,7 < \theta < 0,8$	3	0,244	0,181	0,016	105,67
$0,6 < \theta < 0,7$	2	0,389	0,110	0,026	124,68
$0,5 < \theta < 0,6$	5	0,275	0,312	0,036	141,34
$0,5 < \theta$	3	0,337	0,369	0,039	76,07

en sanidad. De la misma forma, se observa que el MB por hectárea tiende a aumentar con la eficiencia, si bien esta relación no parece ser muy estrecha.

La matriz de correlaciones estimada para verificar posibles relaciones entre la eficiencia económica  $\theta$  (theta) y los parámetros productivos y económicos se presenta en el **Cuadro 6**. Los parámetros considerados fueron el índice de productividad de los suelos (CONEAT), el área de pastoreo con vacunos (SPV), la producción de carne por unidad de superficie (CARNE), la carga animal promedio (DOTACIÓN), la proporción de área de pastoreo mejorada (MEJORADO), la eficiencia del stock (EF. STOCK) y el margen bruto de la actividad por unidad de superficie (M. BRUTO). La primera columna contiene los valores de

correlación estimados entre la eficiencia  $\theta$  y cada uno de los parámetros. Allí se observa que tan solo en el caso de la SPV, el MEJORADO y el M. BRUTO la relación con la medida de eficiencia resultó positiva. En ningún caso la magnitud superó 0,42 en valor absoluto.

Como era previsible, la producción de carne por unidad de superficie mostró un valor de +0,85 con la dotación y +0,75 con la eficiencia del stock, siendo los valores de correlación más altos de la matriz. La correlación entre dotación y eficiencia de stock fue estimada en +0,46. A su vez, los valores obtenidos entre éstos dos parámetros y el margen bruto fue de +0,37 y +0,47, respectivamente. Finalmente, la correlación entre producción de carne y margen bruto, ambos expresados por unidad de superficie, resultó en +0,52.

**Cuadro 6.** Matriz de correlaciones entre eficiencia económica y parámetros productivos, para las 27 UTD.

Parámetro	Theta	CONEAT	SPV	Carne	Dotación	Mejorado	Ef. Stock	M. Bruto
Theta	1,00000							
CONEAT	-0,20147	1,00000						
SPV	0,17996	-0,03647	1,00000					
Carne	-0,41458	-0,05548	-0,52079	1,00000				
Dotación	-0,40680	-0,00773	-0,37265	0,84902	1,00000			
Mejorado	0,03134	-0,15199	0,20039	-0,18690	0,02885	1,00000		
Ef. Stock	-0,34233	-0,01428	-0,35204	0,75213	0,45619	-0,22779	1,00000	
M. Bruto	0,42045	-0,08386	-0,36055	0,52129	0,37035	-0,12573	0,46554	1,00000



**Cuadro 7.** Modelo de regresión Tobit (variable dependiente), para las veintisiete UTD.

Variable	Estimación del Parámetro	Desviación Estándar	Estadístico-t	Probabilidad y Significación	
Constante de regresión	1,286975	0,256340	5,020580	0,000	***
Índice productividad CONEAT (#)	- 0,001699	0,001057	- 1,606869	0,108	
Superficie Pastoreo Vacunos (ha)	0,000023	0,000053	0,439439	0,660	
Producción de carne (kg/ha)	- 0,001484	0,000891	- 1,665410	0,096	*
Dotación (UGV/ha)	- 0,077528	0,146726	- 0,528383	0,597	
Mejoramiento de campo (%)	- 0,073407	0,106898	- 0,686701	0,492	
Eficiencia del Stock (%)	- 0,500431	0,496744	- 1,007422	0,314	
Margen Bruto (US\$/ha)	0,003026	0,000430	7,035809	0,000	***
Desvío estándar de los residuos	0,112141	0,018317	6,122150	0,000	***

Nivel de significación ( $\alpha$ ): \*\*\* 1%; \*\* 5%; \* 10%.

Sin embargo, los resultados del modelo Tobit en el **Cuadro 7** revelaron que prácticamente ninguno de los parámetros productivos mostró una relación estadística significativa con el índice de eficiencia. La única excepción la constituyó el parámetro de producción de carne por hectárea, cuyo coeficiente asociado fue estadísticamente distinto de cero para un nivel de error tipo I de 10%.

Aunque este resultado debe tomarse con precaución, no solo por el nivel de significación sino porque el modelo no fue construido para responder esa pregunta, podría pensarse que las UTD reales operan en un rango de la función de producción donde cualquier incremento, aunque pudiera suponer una mejora en el óptimo técnico, podría aparejar una mejora en la eficiencia económica muy cercana a cero o incluso una disminución. No obstante, esta cuestión debería responderse a través de un modelo diseñado especialmente a los efectos.

Por otro lado, el coeficiente asociado al margen bruto por hectárea fue significativamente diferente de cero y positivo, confirmando la asociación existente de este parámetro y el de eficiencia económica. El efecto marginal del MB, medido por la derivada del modelo Tobit con respecto a dicha variable, permitió

estimar que, en promedio, el incremento en un dólar por hectárea del MB incrementaría la eficiencia económica en 0,16%. La variable listada en último término, cuyo coeficiente asociado fue significativo, corresponde a la desviación estándar del término residual de la regresión (sigma), estimada conjuntamente con los coeficientes. Esto implica que el error estándar, tanto de los coeficientes como de sigma, fueron estimados en forma consistente.

#### 4. CONCLUSIONES

La aplicación del DEA sobre un grupo de veintisiete predios ganaderos invernadores permitió identificar aquellos cuyas combinaciones insumo/producto, en términos monetarios, resultaron óptimas, en comparación con el desempeño del grupo. De acuerdo al análisis realizado, solamente seis predios (UTD) fueron eficientes desde el punto de vista técnico, al localizarse sobre la frontera de producción definida en forma empírica. Otras tres UTD alcanzaron un 98% del nivel logrado por las UTD eficientes, en tanto que una cuarta llegó al 92%. En estos casos, las ineficiencias estuvieron referidas a gastos adicionales en suplementación o sanidad. En el nivel inferior, siete UTD mostraron niveles de eficiencia por debajo de 60% respecto a

la frontera (una de ellas con un guarismo inferior a 40%).

En cuanto a las razones que condujeron a las ineficiencias encontradas, se pudo constatar que en ningún caso estuvieron relacionadas a la dotación de los recursos y factores de producción. Ni la superficie de pastoreo, ni la productividad de la tierra, ni la dotación, ni la proporción de campo mejorado, estuvieron asociadas de alguna manera a los niveles de eficiencia exhibidos, dentro de los rangos de dotación de recursos registrados.

Aunque el estudio no relevó información específica que caracterizara a los individuos que tomaban las decisiones, la inexistencia de correlaciones lineales significativas entre el índice de eficiencia y las variables descriptivas más relevantes de las UTD sugiere que las diferencias se podrían deberse fundamentalmente a factores vinculados a la gestión, relacionadas, a su vez, con las características socioeconómicas de los productores. Sobre este punto se procurará profundizar en futuros estudios sobre el tema.

Desde un punto de vista teórico, todas las combinaciones de insumos ubicadas sobre la frontera son eficientes desde el punto de vista técnico; no obstante, solo una sería eficiente desde el punto de vista económico. Para el caso analizado (mínimo costo para obtener una cierta cantidad de producto), la determinación de dicho punto estaría dado por la relación de precios existente entre los insumos.

En la práctica, es probable que cada predio haya pagado precios diferentes (diferentes marcas de específicos veterinarios, diferente composición de los suplementos o de las pasturas) por lo que los mismos deberían corregirse por todos esos factores o expresarse a través de un índice que los ponderara. La información disponible en los registros llevados por los productores no permitía encarar el análisis de esta forma por lo cual se optó por un análisis de eficiencia técnica aunque expresando las cantidades de insumo empleadas en unidades monetarias.

Otra limitante del estudio es que solamente consideró el gasto en tres grandes categorías de insumos (pasturas, suplementación y sanidad) por lo que los niveles de eficiencia calculados se refieren y restringen exclusivamente al empleo de éstos. Nada nos dice el modelo desarrollado respecto al empleo de otros factores de producción relevantes como la mano de obra. Por otro lado, la tierra se consideró como un factor fijo que no se incluyó en forma explícita aunque sí en forma implícita a través del gasto en pasturas. En tanto que el gasto en pasturas se estimó como una función de la carga animal por unidad de superficie, este constituyó un reflejo de indirecto del uso del factor tierra en la actividad de producción.

Sin desmedro del anterior, la aplicación empírica de esta técnica constituye un gran avance a la hora de analizar y comparar el desempeño técnico y económico de unidades de producción relativamente homogéneas, de manera de poder identificar factores que inciden y explican los resultados globales obtenidos. A partir de una mayor desagregación en los insumos a ser incluidos en el modelo y de una especificación más detallada de características o factores que pueden tener alguna incidencia en los procesos de gestión de las unidades productivas, los resultados obtenidos con la técnica DEA pueden ser de mayor utilidad aun. Si bien en este caso se trabajó solamente con un producto, la herramienta permite trabajar con múltiples productos (por ejemplo, carne vacuna, carne ovina, lana, granos, etc.) con un ajuste mínimo respecto al modelo utilizado en este trabajo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

**Abreu, Urbano G. P.; Eliane G. Gomes; Paulo S. Lopes; Robledo A. Torres; e Heleno N. Santos (2008).** "Avaliação sistêmica da introdução de tecnologias na pecuária de gado de corte do Pantanal por meio de modelos de análise envoltória de dados." *Revista Brasileira de Zootecnia*: 37(11): 2069-2076.

- Arzubi, Amilcar; Mercedes Mc Cormick; Laura Simonetti; y Gloria Lynch** (2009). "Análisis de eficiencia técnica y económica de explotaciones ovinas en la provincia de Buenos Aires." *Revista Argentina de Economía Agraria*: 11(2): 115-126.
- Bravo-Ureta; Boris E.; y António E. Pinheiro** (1993). Efficiency analysis of developing country agriculture: A review of the frontier function literature. *Agricultural and Resource Economics Review*: 22(1): 88-101.
- Charnes, Abraham; William W. Cooper.; y Edward Rhodes** (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*: 2: 429-444.
- Costas, Gabriel; Valentina Herrera; y Carolina Correa** (2010). Principales Indicadores y Determinantes del Consumo de Carnes en Uruguay: Cierre al año 2009. INAC Serie Técnica N° 46: 52 pp.
- Davidson, Russell; y James G MacKinnon** (1993), *Estimation and Inference in Econometrics*. New York: Oxford University Press.
- DIEA** (2012). Anuario Estadístico Agropecuario 2012. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo: 243 pp.
- Farrell, Michael J.** (1957), The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society. Series A (General)*: 120(3): 253-290.
- Gomes, Eliane G.** (2008), Uso de Modelos DEA em Agricultura: Revisão da Literatura. *Engevista*: 10(1): 27-51.
- Gomes, Eliane G.; João Carlos C. B.; Soares de Mello; Geraldo da Silva e Souza; Lidia A. Meza; y João Alfredo C. Mangabeira** (2009a). Efficiency and sustainability assessment for a group of farmers in the Brazilian Amazon. *Ann. Oper. Res.*: 169: 167-181.
- Gomes, Eliane G.; C.R. Grego; João Carlos C. B. Soares de Mello; G.S. Valladares; João Alfredo C. Mangabeira; y E.E. Miranda** (2009b). Dependência espacial da eficiência do uso da terra em assentamento rural na Amazônia. *Produção*: 19(2): 417-432.
- Gomes, Eliane G.; João Carlos C. B. Soares de Mello; y João Alfredo C. Mangabeira** (2009). Estudo da sustentabilidade agrícola em um município amazônico com análise envoltória de dados. *Pesquisa Operacional*: 29(1): 23-42.
- Gomes, Eliane G., João Carlos C. B. Soares de Mello y Antônio C. R. de Freitas** (2007). "Análise de eficiência em agricultura com unidades em desvantagem competitiva." *SPOLM* 2007: 10 pp.
- Helguera, Lorenzo; Bruno Lanfranco; y Ernesto Majó** (2004). Tecnologías de gestión en empresas agropecuarias: ¿Deuda pendiente?. *Revista Instituto Plan Agropecuario*. Núm. 112 (Diciembre): 48-53.
- Lanfranco, Bruno; y Lorenzo Helguera** (2006). Óptimo técnico y económico: Diversificación, costos ocultos y el estímulo para mejorar los proceos en la ganadería nacional. *Revista INIA Uruguay*. Núm. 8 (Setiembre): 2-5.
- Lanfranco, Bruno; y Gonzalo Sapriza** (2010). Incidencia del CONEAT y otros Factores de Calidad en el Precio de la Tierra." *Revista Agrociencia Uruguay*: 14(2): 89-102.
- Maddala, Gangadharrao S.** (1983). *Limited-Dependent and Quality Dependent Variables in Econometrics*. New York: Cambridge University Press.
- Thompson, Gerald L.; y Sten A. O. Thore** (1992). *Computational Economics: Economic Modeling with Optimization Software*. Danvers, MA: Boyd & Fraser Publishing Company.

**URUNET** (2011). Información Oficial de Aduanas. Mercosur On-Line. URUNET Foreign Trade Statistics. Disponible en: <http://www.urumol.com>. Último acceso: octubre 2010

**Winston, Wayne L.** (1994). Operations Research: Applications and Algorithms. Third edition. Belmont, CA: Duxbury Press.

# CAPÍTULO VI

## EL BALANCE DE NUTRIENTES EN 36 PREDIOS COMERCIALES DEL GIPROCAR II (FUCREA/INIA): “UNA PRIMERA APROXIMACIÓN AL PROCESO DE INTENSIFICACIÓN EN SISTEMAS AGRÍCOLA-GANADEROS Y SU POTENCIAL IMPACTO EN EL AMBIENTE”

María Paz Tieri<sup>1</sup>, Alejandro La Manna<sup>2</sup>, Fabio Montossi<sup>3</sup>, Georgget Banchemo<sup>4</sup>, Juan Mieres<sup>5</sup>, y Enrique Fernandez<sup>6</sup>.

### 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina nacional ha enfrentado dos décadas de importantes cambios productivos, industriales y comerciales, con un fuerte crecimiento e incremento en su eficiencia y competitividad (Montossi y Soares de Lima, 2011). Actualmente, el stock ganadero alcanza 11,7 millones de cabezas (DIEA, 2010), habiéndose mantenido relativamente constante en los últimos años pese a la reducción ocurrida en el área dedicada a la cría y engorde de ganado y/o el desplazamiento de esta actividad a los suelos de menor potencial productivo. Los sistemas de producción de bovinos para carne en el país varían desde un manejo extensivo sobre pastizales naturales hasta un sistema intensivo que pueden llegar al uso del confinamiento. Los nuevos acuerdos comerciales logrados a nivel internacional con la cuota de calidad de la UE, posicionan al Uruguay como un potencial abastecedor de la misma. Recientemente Uruguay consiguió, junto a EEUU, Canadá, Nueva Zelanda y Australia, acceder a la cuota de alta calidad para carne bovina ofrecida por la Unión Europea (UE). Los animales que acceden a ella deben ser novillos y vaquillonas criados a corral por lo menos durante 100 días (sin uso de hormonas) y con edades menores a 30 meses (Montossi y Soares de Lima, 2011).

A pesar del conocimiento técnico disponible para el incremento de la productividad del rubro, poco se sabe sobre el impacto ambiental de esta actividad, en especial sobre los cursos de agua. En países desarrollados se ha demostrado que existe una fuerte relación causa-efecto entre la actividad ganadera y la contaminación difusa de los cursos de agua superficiales, en especial de su eutrofización por altas concentraciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) (Alfaro y Salazar, 2005). El mayor uso de insumos, el incremento de la carga animal, la creciente necesidad de normas de manejo mejoradas e integrales así como la incorporación de zonas de mayor pendiente y suelos marginales a la producción ganadera, permiten prever un bajo nivel de eficiencia en el uso del N y P, los cuales ingresan como fertilizantes a los sistemas ganaderos de la región, incrementándose potencialmente sus pérdidas, con los efectos negativos que ello tiene en el ambiente.

El manejo de nutrientes es un área de reciente interés para la investigación nacional y de creciente preocupación por parte de la sociedad y de los organismos reguladores de los aspectos ambientales, como forma de disminuir la contaminación por nitrógeno y fósforo en los sistemas ganaderos intensivos de carne y leche. A medida que la actividad

<sup>1</sup> Ing. Agr., Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>2</sup> Ing. Agr., PhD., Director Programa Nacional de Lechería, INIA.

<sup>3</sup> Ing. Agr., PhD., Director Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>4</sup> DMV, PhD., Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>5</sup> Ing. Agr., MSc., Programa Nacional de Lechería, INIA.

<sup>6</sup> Ing. Agr., MSc., Director Regional INIA La Estanzuela.

pecuaria se intensifica hasta llegar a producciones donde el ganado pastorea muy pocas horas por día, o directamente permanece estabulado, los residuos animales pueden producir grandes impactos en el ambiente (Herrero *et al.*, 2006).

Una herramienta que se utiliza como indicador del manejo de nutrientes (indicadores de sustentabilidad) es el balance de nutrientes, el cual sirve para cuantificar (presupuestar) la entrada y salida de nutrientes de los sistemas productivos, favoreciendo su manejo apropiado, en aspectos asociados a su eficiencia de utilización y el impacto potencial que estos tienen sobre el medio ambiente. En la UE es obligatorio su cálculo anual por parte de los productores, donde algunos países comenzaron a realizarlo en 1993 (Holanda). En USA, también es realizado en los diferentes estados, como es el caso de California, Maryland y Florida. Existen distintas metodologías, aplicadas a su vez para diferentes fines y por distintos países. Por ello, los resultados obtenidos por las diferentes metodologías que se pueden aplicar no son estrictamente comparables entre sí.

Los balances de nutrientes son buenos indicadores del impacto de la producción ganadera en el flujo de nutrientes, tanto a nivel predial como de una cuenca hidrográfica, pudiendo relacionarse con el potencial de contaminación para un área determinada (Jarvis, 1993; Gerber *et al.*, 2002, citados por Salazar *et al.*, 2008). Este permite conocer el potencial de riesgo ambiental de los sistemas productivos. La evaluación de los mismos resulta en una herramienta necesaria para disminuir la excreción, pérdida y contaminación por nutrientes, desde una comprensión integral del sistema productivo, buscando la mejor ecuación productiva, económica y ambiental (Herrero *et al.*, 2006).

Estos indicadores constituyen una herramienta importante para determinar la eficiencia de los distintos sistemas productivos, los que bien utilizados pueden significar un ahorro en fertilizantes y concentrados y por ende reducir los costos en la compra y/o eficiencia

de uso de los insumos. Se calculan como la diferencia entre las entradas y salidas de un nutriente en un sistema determinado, pudiendo ser enfocado a distinto nivel de resolución y/o precisión que se requiera: región, macrocuenca, predio, potrero, parcela experimental, etc. Los más comunes son los balances 'prediales'. Este tipo de balance brinda información del manejo del área y la eficiencia de conversión en producto de los nutrientes utilizados, y por su facilidad de cálculo es el más usado en la determinación de políticas y reglamentos ambientales en diferentes países. Este tipo de balance puede ser, con cierto grado de facilidad, ser utilizado por el productor y/o por su asesor.

## 2. ¿CÓMO ESTIMAMOS UN BALANCE DE NUTRIENTES?

El balance de nutrientes se estima como la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema productivo definido en el espacio y en el tiempo.

**Balance** =  $\Sigma$  ingresos –  $\Sigma$  salidas.

**Unidades** = flujo neto/unidad tiempo/unidad área.

Para todos los nutrientes, los ingresos al predio se estiman a partir de las cantidades de fertilizantes, concentrados, forrajes, animales y deposición atmosférica. Cuando se trata de nitrógeno y según la metodología utilizada, se puede tomar como un ingreso de nitrógeno al  $N_2$  fijado por las leguminosas (FBN), el cual, para Uruguay, se estima que cada 1000 kgMS de leguminosas se fija 30 kg de  $N_2$  (García *et al.*, 1994). Por otro lado, los nutrientes son removidos del sistema como animales y productos vendidos (carne, leche, lana, granos, forrajes, estiércol que se vende como abono, etc.) (**Figura 1**). El nitrógeno puede perderse además vía lixiviación, volatilización y denitrificación, mientras que el fósforo y otros minerales lo hacen vía escurrimiento, considerándose también como salidas del sistema (Goh y Williams, 1999). La diferencia entre el ingreso y las salidas



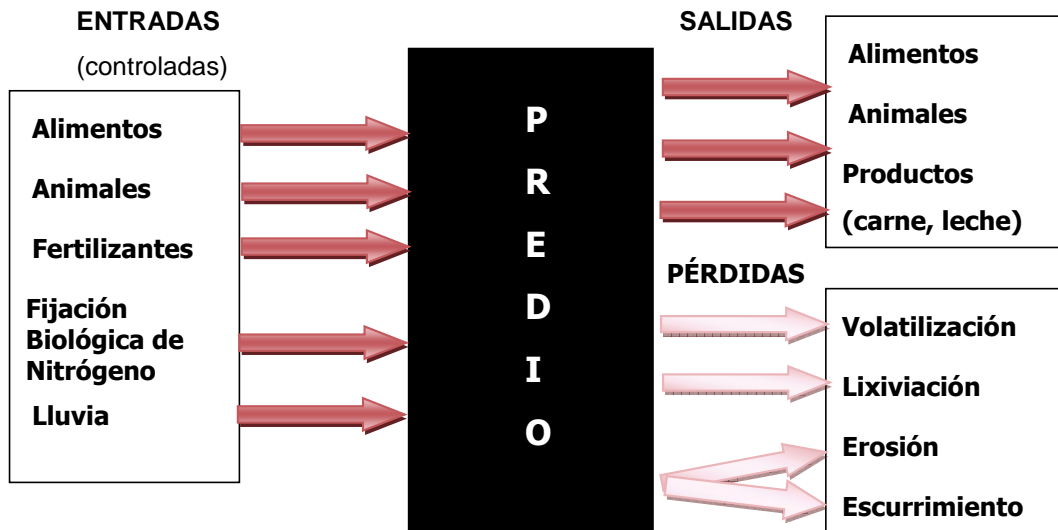


Figura 1. Entradas y salidas de nutrientes de un predio.

determinará la eficiencia del predio y dicho valor puede usarse como un indicador del riesgo ambiental del mismo. Si este valor es positivo da cuenta de una acumulación o ganancia de nutrientes y por el contrario si el valor es negativo implica una agricultura de 'minería' con una sobre explotación de la fertilidad del predio.

Los sistemas de producción animal generalmente tienen baja eficiencia del uso de nutrientes (nutrientes consumidos comparado con lo que son retenido por el animal en forma de carne o leche), lo cual representa un riesgo de contaminación hacia el medio ambiente, junto con las pérdidas económicas que ello representa (Jarvis, 1993; Oenema and Van den Pol-Van Dasselaar, 1999). La baja eficiencia de los sistemas productivos de animales se debe a la ineficiencia de los rumiantes en convertir los nutrientes ingeridos en productos (lana, cuero, carne o leche). El exceso es excretado en heces y orina y es retornado directamente sobre la pradera durante el pastoreo. Uno de los aspectos que más fuertemente afecta un balance es la contribución del nutriente en forma de fertilizantes y alimentos que se haga al sistema productivo, donde también, dependiendo de las características de los sistemas productivos, la entrada o salida de nutrientes

por el uso de residuos orgánicos puede ser relevante.

En sistemas ganaderos intensivos, normalmente, la aplicación de fertilizante nitrogenado determina la acumulación de este elemento (balance positivo), mientras que en sistemas de cultivos, la eficiencia de utilización de este elemento aumenta debido a la extracción que realizan las plantas (balance neutro). La producción de carne sobre pasturas mejoradas puede estar balanceada en casos donde las entradas son bajas (ej. sin fertilización). De todos modos, la producción animal de dichos sistemas es baja también. A medida que la producción de carne sobre pasturas se intensifica, las entradas aumentan ya sea por el uso de fertilizantes o la FBN por las leguminosas. Las entradas van a ser resultado de producciones de materia seca por parte de las pasturas (Goh y Williams, 1999).

La producción de carne en corrales de encierro es una forma extrema de intensificación, en donde la cantidad y composición del alimento empieza a ser más importantes. Desde el punto de vista ambiental, el principal problema en este tipo de sistemas son los efluentes y el manejo de los mismos. Los animales son alimentados con concentrados

y retienen aproximadamente el 10% del nitrógeno ingerido. El resto de los nutrientes son excretados en las heces y orina. La mayor pérdida de nitrógeno en estos sistemas ocurre por medio de la volatilización de amoníaco y la desnitrificación.

Sistemas extractivos o muy extensivos, donde el ganado se alimenta a base de praderas de poco desarrollo y no hay incorporación de fertilizantes, arrojarán balances negativos. El ingreso anual de nutrientes al predio en estos sistemas se da principalmente por deposición atmosférica, la cual es de baja incidencia relativa. La salida de nutrientes en forma de productos animales también es limitada. Algo similar ocurre en el caso del P, aunque en este caso, incluso con aplicaciones de fertilizantes muy bajas se logra la acumulación de este nutriente en los sistemas ganaderos debido a su ingreso en alimentos traídos desde fuera del predio y a su escasa movilidad, y por ende, por ejemplo, en predios lecheros en el producto final (carne o leche) (Salazar *et al.*, 2008).

### 3. PÉRDIDAS DE NUTRIENTES EN LOS PREDIOS GANADEROS

Hasta hace algunos años, el foco mundial de atención en relación a la contaminación de cursos de agua era su contaminación directa o puntual. Sin embargo, en la actualidad existe una creciente preocupación por la contaminación difusa, principalmente desde predios agrícolas (Jarvis, 2002). La contaminación difusa puede ser definida como la introducción de contaminantes a un curso de agua ya sea superficial o subterráneo, a través de vías indirectas y desde fuentes que no es posible establecer con exactitud y puntualmente, siendo muy difícil encontrar a los responsables directos. La contaminación difusa puede ser continua o intermitente, siendo esta última más común debido a que está relacionada a actividades estacionales propias de la agricultura, como la época de fertilización o fenómenos ocasionales como altas precipitaciones, que terminan provo-

cando pérdidas de nutrientes por lixiviación y arrastre. Esto la hace difícil de controlar y regular, a diferencia de la contaminación directa (Carpenter *et al.*, 1998).

En los sistemas ganaderos se pueden presentar ambas fuentes de contaminación: aquellas bien definidas (ej., corrales temporales), donde las pérdidas son identificables y podemos realizar un manejo para minimizar su impacto, y aquellas fuentes difusas o de más de un punto (ej., los sistemas ganaderos extensivos, percolación, escurrimiento, etc.), cuyas pérdidas tienen gran impacto en la calidad del agua, suelo y aire. El manejo de nutrientes es la estrategia para encarar este tipo de pérdidas.

El principal mecanismo de pérdida de N asociado al movimiento de agua es la lixiviación del N inorgánico, principalmente como nitrato. La contaminación del agua de bebida con nitrato es un fenómeno conocido que tiene efectos adversos en la salud animal y humana (Heathwaite *et al.*, 1996). El nitrato es un ion móvil que se encuentra normalmente en la solución del suelo. La cantidad presente dependerá del balance entre la cantidad de N aplicada como fertilizante, reciclaje o fijación biológica, la deposición atmosférica y la extracción de las plantas (Jarvis y Aarts, 2000). Todo el N que al final del período de mayor crecimiento de las plantas (primavera-verano), no haya sido utilizado por éstas, permanece en el suelo con riesgo de perderse por lixiviación a través del drenaje del exceso de agua que normalmente ocurre durante el invierno (Jarvis, 2002).

### 4. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los balances de nitrógeno (N) y fósforo (P) y sus eficiencias de aprovechamiento a través de tres indicadores, a escala predial, en 36 predios ganaderos y agrícola-ganaderos integrantes del GIPROCAR II (Grupo Inter-CREA de Producción de Carne), en el marco del Convenio entre FUCREA e INIA.



## 5. METODOLOGÍA

Se evaluaron los balances de nitrógeno (N) y fósforo (P) y sus eficiencias de aprovechamiento a través de tres indicadores, a escala predial, en sistemas de producción de carne bovina intensiva de Uruguay. El cálculo de balances se realizó por diferencia entre ingresos y egresos para N y P en 36 establecimientos, en base anual, expresados en kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Se estimó la eficiencia de aprovechamiento de dichos nutrientes a través de la aplicación de distintos indicadores, a escala predial.

o **Indicador de uso de nutrientes:**

**IUN (%) = (exceso/ingreso) \* 100.**

o **Indicador de consumo de nutrientes:**

**ICN = ingresos/egresos.**

o **Eficiencia Global del Balance:**

**EGB (%) = (egresos/ingresos) \* 100**

## 6. RESULTADOS

El balance de nutrientes promedio de los 36 establecimientos está resumido en los **Cuadros 1 y 2**, junto con los valores máximos y mínimos de cada una de las variables evaluadas y su mediana. Los resultados obtenidos para ambos nutrientes, respecto al balance predial (kg/ha/año) fueron positivo para ambos nutrientes, salvo para el fósforo en el caso de algunos establecimientos en donde se obtuvieron balances negativos. Generalmente, en pocos trabajos de investigación, se han observado balances de fósforo negativos. Klausner (1995), Lanyon y Beegle (1989), y otros estudios de balance de nutrientes no se han observado balances de fósforo neutro o negativo. Koelsch y Le-soing (1999) observaron en varios predios ganaderos analizados balances de fósforo neutros o negativos. Según dichos autores, estos establecimientos contaban con una gran extracción de fósforo por parte de los

**Cuadro 1.** Balance de N para los valores promedios, máximos y mínimos y mediana de los predios ganaderos bajo estudio.

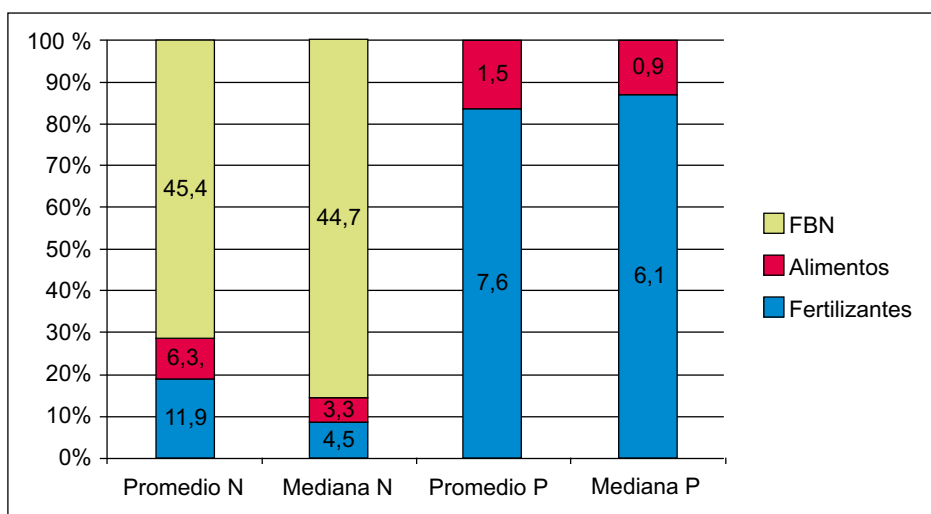
	Promedio	Mediana	Mín.	Máx.
Superficie pastoril (ha)	720,7	659,9	56,6	2268,5
Nº animales totales (cab)	1123	1038	98	3711
Sup pastoril (%)	70	60	20	100
Sup mejorada (%)	80	80	30	100
Producción (kgPV/ha)	258,8	234,6	110,1	823,4
Carga (UG/ha)	1,6	1,5	1,1	2,6
Ganancia (g/a/día)	438,2	417,7	235,3	879,8
Fertilizantes (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	11,9	4,5	0,0	171,7
Alimentos (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	6,3	3,3	0,0	63,7
FBN (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	45,4	44,7	7,0	77,4
Ingreso N (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	63,5	57,4	10,6	218,7
Alimentos (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	4,2	0,0	0,0	59,4
Peso Vivo (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	7,0	6,3	3,0	22,2
Egreso N (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	9,1	6,5	3,0	65,5
Balance N (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	54,5	49,8	7,6	213,0
IUN N (%)	85,8	87,6	25,0	97,4
ICN N	7,0	8,1	1,3	38,6
EGB N (%)	14,3	12,4	2,6	75,0

**Cuadro 2.** Balance de P para los valores promedios, máximos y mínimos y la mediana para los predios ganaderos bajo estudio.

	Promedio	Mediana	Mín.	Máx.
Superficie pastoril (ha)	720,7	659,9	56,6	2268,5
Nº animales totales (cab)	1123	1038	98	3711
Sup pastoril (%)	70	60	20	100
Sup mejorada (%)	80	80	30	100
Producción (kgPV/ha)	258,8	234,6	110,1	823,4
Carga (UG/ha)	1,6	1,5	1,1	2,6
Ganancia (a/g/día)	438,2	417,7	235,3	879,8
Fertilizantes (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	7,6	6,1	0,0	25,0
Alimentos (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	1,5	0,9	0,0	13,2
Ingreso P (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	9,1	8,0	0,4	26,3
Alimentos (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	0,2	0,0	0,0	7,0
PV (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	1,8	1,7	0,8	5,8
Egreso P (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	2,1	1,7	0,8	8,6
Balance P (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	7,0	5,5	-1,7	24,8
IUN P (%)	77,2	71,1	---	94,3
ICN P	4,4	3,5	0,2	17,6
EGB P (%)	23,1	28,9	5,7	575,3

cultivos, la cual no se lograba cubrir con la fertilización fosfatada aplicada. Gil *et al.* (2009) encontraron en Argentina balances negativos de fósforo en predios dedicados a la producción de carne extensiva, principalmente por la falta de reposición de este nutriente vía fertilizantes.

Las fuentes de aporte de nutrientes en los predios ganaderos, incluyendo el nitrógeno fijado por las leguminosas, así como el aportado por los fertilizantes y los alimentos comprados, se ilustran en la **Figura 2**. En el caso del nitrógeno, una gran entrada al predio se da por medio de la fijación biológica



**Figura 2.** Fuentes relativas de entradas nitrógeno y fósforo.

de nitrógeno (FBN) por parte de las leguminosas, la cual varía entre el 25 hasta el 72% de los ingresado en total de este nutriente cuando existen otras fuentes de nitrógeno, llegando a ser el 100% del nitrógeno que ingresó al establecimiento en aquellos predios en donde no utilizan la fertilización nitrogenada ni tampoco se compran alimentos para el engorde del ganado. En aquellos casos en donde se aplican fertilizantes, su importancia varía entre el 18 y 55% del total del nitrógeno ingresado. En el caso del alimento, su aporte muestra muy poca variación, que va desde el 10 hasta el 20% del total. Para el caso del fósforo, su mayor ingreso se da por parte de la fertilización, la cual aporta entre el 65 y el 83% del total de fósforo que ingresa a los establecimientos, siendo el resto aportado por los alimentos comprados.

La magnitud de las entradas de nitrógeno aumenta a medida que se observa un mayor porcentaje de mejoramiento de praderas y una mayor producción de carne por hectárea. En el caso de los egresos la relación es inversa. En el caso del desbalance de nitrógeno, este aumenta a medida que existe una mayor producción animal por hectárea y superficie pastoril mejorada. Sin embargo, existe una relación inversa ( $R^2=-0,37$ ) con el tamaño (has) del establecimiento, existiendo un mayor desbalance de N cuanto menor es el área pastoril. En el caso de los ingresos de P (fertilizantes + alimentos) se observó una relación ( $R^2=0,37$ ) con la carga animal del establecimiento.

Con respecto a los indicadores, en el caso del nitrógeno, existió una gran variación del IUN entre los establecimientos. Ello se repite también para el caso del P. Los valores menores de IUN indican una mayor eficiencia de utilización de los nutrientes. El ICN de N calculado varió desde 1,3:1 hasta 38,6:1, siendo el valor promedio de 7:1. Los establecimientos que tuvieron un menor ICN de N fueron aquellos que vendieron alimentos (fardos) como un egreso de nutrientes agregado además de la venta de producto (carne). En el caso del ICN de P se observó

una menor variación del mismo (0,2:1 hasta 17,6:1) siendo el valor promedio de 4,4:1. Los establecimientos con menos ICN de P fueron aquellos que tuvieron un bajo ingreso de P al establecimiento, llegando a tener balances de P negativos, lo cual puede significar que esté existiendo una extracción por parte del sistema de fósforo. Por lo tanto, se presentan una extracción importante del nutriente del sistema.

El indicador que muestra la eficiencia de aprovechamiento de cada nutriente es el EGB. Los valores de EGB de N analizados (2,6% a 75,3%) presentan una gran variación entre los diferentes establecimientos. En el caso del P la variación fue similar (5,7% a 94,7%). Sin embargo, en el caso del P, la eficiencia promedio hallada (30,6%) fue mayor con respecto a la EGB de N (14,7%).

Si bien la bibliografía disponible en el ámbito internacional presenta una variedad de casos de estudio, principalmente para sistemas lecheros y/o ganaderos intensivos, y estos no representan la realidad de los sistemas de producción de carne de Uruguay. Koelsch y Lesoing (1999) construyeron el balance de nutrientes para 33 predios ganaderos intensivos (confinamiento). En dicho trabajo, los balances de nitrógeno variaban según el número total de cabezas del establecimiento. Aquellos predios con menor cantidad de animales presentaron balances de nitrógeno en el orden de los 8 kgN ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en el caso del fósforo valores promedio fueron de 0,6 kgP ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. A medida que el número de animales aumentó, el desbalance de N y P también lo hizo, llegando a valores para el caso de nitrógeno de 466 kgN ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y de 60 kgP ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para el caso del fósforo.

A nivel nacional se conoce información principalmente del sector lechero. La Manna y Durán (2008) presentaron datos de balance de nitrógeno para cinco modelos de intensificación de la lechería uruguaya (extensivo, mejorado, organizado, controlado y avanzado). A medida que aumenta el nivel de intensificación, aumenta también el desbalance

de nitrógeno, llegando este a valores de 72 kgN ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Sin embargo, en dicho trabajo se tuvieron en cuenta el cálculo de pérdidas no controladas (lixiviación, erosión, etc.), las cuales fueron de 58,7 kgN ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

## 7. CONCLUSIONES.

Los balances de nutrientes permiten conocer el potencial de riesgo ambiental de los sistemas productivos. La evaluación de los mismos resulta en una herramienta necesaria, particularmente en situaciones de riesgo, que puede ser utilizada para definir estrategias de disminución de la excreción de nutrientes, desde una comprensión integral del sistema productivo, buscando la mejor combinación productiva, económica y ambiental. Sin embargo, a nivel nacional, no existen trabajos publicados sobre el tema en cuestión que permitan comparar los valores logrados en este estudio. Para algunos países esta herramienta permite el control y monitoreo del balance de nutrientes ante excesos en el manejo de los mismos, principalmente en áreas de concentración de explotaciones intensivas, en las cuales se puede controlar para establecer restricciones de ingreso de nutrientes y evaluar el balance entre superficie/cabezas animales. Si bien en Uruguay dichas estrategias de control actualmente no están aún establecidas por reglamentación, los nuevos acuerdos comerciales que se logren a nivel internacional, pueden establecer nuevas demandas ambientales en aquellos sistemas más intensivos y por lo tanto un mayor control a futuro del impacto ambiental de los mismos.

Igualmente, dicha herramienta no debería ser utilizada sólo como medida de control, sino que le permite conocer al productor y su asesor el estado de situación actual y en base a ello poder mejorar, a futuro, la eficiencia con que se manejen los nutrientes en su establecimiento.

Un balance positivo a nivel predial no quiere decir necesariamente que se estén perdiendo nutrientes al medio, sino puede ser todo

lo contrario. Es necesario contar con valores mayores a cero para no estar extrayendo nutrientes del predio y quedar en un balance negativo. Sin embargo, existen valores máximos recomendables para que no existan elevadas pérdidas al medio ambiente, los cuales aún no se encuentran definidos a nivel nacional para los diferentes sistemas de producción y regiones.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

**García, J.A.; Labandera, C.; Pastorini D. y Curbelo, S.** 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. In: INIA Serie Técnica No 51:13-18.

**Gil S. B.; Herrero, M. A.; Flores, M. C.; Pachoud, M. L.; Hellmers, M. M.** 2009. Evaluación de procesos de intensificación agropecuaria mediante indicadores de sustentabilidad ambiental. Arch. Zootecnia; 58: 413-423.

**Goh K.M., and Williams P.H.,** 1999. Comparative Nutrient Budgets of Temperate Grazed Pastoral Systems. Nutrient Disequilibria in Agroecosystems. pp. 265 – 293.

**Herrero M.A.; Gil S.B.; Flores M.C.; Sardi G.M.; and Orlando A.A.,** 2006 Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. Revista InVet, vol 8: 9-21.

**Koelsch, R.; Lesoing, G.,** 1999. Nutrient balance on Nebraska livestock confinement systems. J. Anim. Sci. 77 Suppl. 2/ J. Dairy Sci., 82, Suppl. 2:77:63-71.

**Montossi F.M; y Soares de Lima, J.M,** 2011. Después de 20 años de crecimiento de la ganadería del Uruguay: desarrollo de propuestas tecnológicas desde la cría para. El próximo salto productivo. Revista INIA N° 26:31-38.

**Salazar F; La Manna A., M Herrero; M. A.** 2008. . Balances de nutrientes en tambos ganaderos bovinos. En: JICAL 2008.

# CAPÍTULO VII

## EFFECTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL CRECIMIENTO ANIMAL, LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE EN NOVILLOS DE CRUZA BRITÁNICA

Gustavo Brito<sup>1</sup>, Ximena Lagomarsino<sup>2</sup>, Roberto San Julián<sup>3</sup>, y Marcia del Campo<sup>1</sup>.

### 1. INTRODUCCIÓN

La productividad y la diferenciación de los productos son los dos pilares fundamentales para la competitividad de cualquier actividad económica. La productividad se posiciona vía la mejora de la eficiencia de los procesos productivos y la disminución de los costos, mientras que la diferenciación pasa por el agregado de valor.

Los trabajos de investigación en crecimiento y desarrollo del animal durante los períodos de recría y engorde en Uruguay estuvieron concentrados en la evolución del peso vivo y en la medición de las tasas de ganancias diarias de peso en determinados períodos, descuidando los aspectos asociados al rendimiento carnicero y en la calidad final de su carne. Estos estudios consideraban el uso de dietas con base pastoril y la inclusión de la suplementación estratégica en períodos de crisis forrajeras o durante la fase de terminación de los animales. Actualmente, con la aparición de nuevos mercados de carne de alta calidad (cuota 481), los sistemas de engorde incorporan dietas energéticas por un período mínimo de 100 días, condicionando la etapa de terminación del animal, la cual además tendría efectos económicos ya que representa un costo mayor para el productor y para la industria frigorífica, en donde excesos de tejido graso deberán ser eliminados por recorte.

La predicción confiable de la composición del animal en vivo y su canal es crítica para

todos los segmentos de la cadena cárnica. El beneficio de una correcta estimación a nivel del productor se refleja en un mayor conocimiento del ganado clasificando los animales en lotes de similar composición permitiendo un uso más eficiente de la alimentación de los mismos y definiendo cual es el mercado más conveniente para su producto. A nivel de los frigoríficos, las ventajas radican en comprar productos que se ajusten a las demandas de sus compradores y que presenten un mayor rendimiento carnicero. El desarrollo de la tecnología de ultrasonido ampliamente utilizada en el área de mejoramiento genético presenta un gran potencial para estudiar el crecimiento de los principales tejidos muscular y graso y estimar la proporción de cortes valiosos.

Junto con el estudio del rendimiento carnicero, el cual contempla los dos pilares de la competitividad, productividad y diferenciación, se deberá caracterizar las cualidades intrínsecas de los productos cárnicos (color de la carne y grasa, pH, contenido de grasa intramuscular y terneza, entre otras), características éstas que son demandadas por los mercados exigentes y en las cuales el sector ganadero deberá contemplar para el soporte de su competitividad. Para ello se deberán considerar factores como genética, tipos raciales y sistemas de alimentación, los cuales inciden por sí solos o en su interacción sobre el rendimiento como en la calidad.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de producción

<sup>1</sup>Ing. Agr. PhD. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>2</sup>Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>3</sup>Ing. Agr. MSc. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

en el crecimiento animal, su rendimiento carnicero y la calidad de su carne procedentes de predios invernadores y de ciclo completo con base pastoril, en las regiones del Litoral Oeste y el Cristalino

Los objetivos específicos estuvieron relacionados a:

- a) medir el efecto de esos sistemas de producción (manejo de la recría y engorde) en el crecimiento de los animales cuantificando variables como peso vivo (vacío y lleno), altura del anca, deposición de tejidos muscular y graso (subcutáneo e intramuscular) a partir del destete y durante el proceso de engorde;
- b) el rendimiento carnicero (porcentaje de cortes valiosos y relación músculo/grasa/hueso) de esos animales; y
- c) la calidad de la carne

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Determinaciones a campo

A partir de mayo de 2008 se hizo el seguimiento de cuatro establecimientos ganaderos, que practicaban diferentes sistemas de engorde, diferenciándose en Invernadores (compra de terneros de destete) y de Ciclo Completo (se abastecen con terneros de sus propios rodeos de cría) y por el sistema de alimentación en la etapa de engorde (en base a pasturas únicamente, pasturas más suplementos y engorde a corral).

Las características de los establecimientos eran:

1. Invernador sobre suelos de Cristalino (Establecimiento "Las Cañas").
2. Invernador sobre suelos de Cristalino (Establecimiento "La Cartuja").
3. Invernador sobre suelos del Litoral Oeste (Establecimiento "Sangre Negra").

4. Ciclo completo sobre suelos del Litoral Oeste (Establecimiento "Santa Aurea"). En este último sistema, el lote seleccionado se dividió en dos, finalizando un grupo a corral - C y otro a pasturas - P).

Se apartaron 50 novillos por establecimiento, utilizando razas británicas y sus cruza, a excepción de un productor (4) que contaba con ganado cruza británico por continental. La edad aproximada de los animales al inicio de esta experiencia era de 10 meses y el peso vivo inicial promedio de 177 kg.

Se midieron en el animal vivo las siguientes variables:

- Peso vivo.
- Altura de anca.
- Características carniceras mediante la técnica de ultrasonografía.
  - Área de ojo de bife (AOB, cm<sup>2</sup>): La medición fue realizada entre la 12<sup>a</sup> – 13<sup>a</sup> costilla a nivel del músculo Longissimus dorsi.
  - Espesor de grasa subcutánea (EGS, cm): Al igual que la medición de AOB se realizó entre la 12<sup>a</sup> – 13<sup>a</sup> costilla.

Para el estudio de la evolución de estas características de crecimiento se fijó disponer de un mínimo de cinco momentos de registros durante la duración de la experiencia. Estos estuvieron comprendidos en Mayo y Noviembre de 2008, Mayo y Diciembre de 2009 y el registro final previo al embarque de los animales, el cual varió de acuerdo a la evolución de las ganancias de peso vivo y a los sistemas de alimentación asignados (**Cuadro 1**).

### 2.2 Determinaciones en el frigorífico.

En la planta frigorífica las mediciones fueron las siguientes:

- A nivel de playa de faena:
  - Peso de la canal caliente (PCC) .
  - Medidas morfométricas: Largo de canal (LC) y perímetro de pierna (PP) del lado izquierdo de la canal.



**Cuadro 1:** Fechas de faena por productor.

Productor	Fecha de faena	Animales (desosados)
1	Diciembre 2010	34 (12)
2	Marzo-Abril-Julio 2010	25 (25)
3	Julio 2010	33 (12)
4	Octubre 2009 (C) – Mayo 2010 (P)	31 (31)

- A nivel del cuarteo (48 horas post mortem)
  - Peso de la media canal izquierda (PCCi).
  - Peso del corte pistola.
  - Peso de principales cortes (bife angosto, lomo, cuadril).
  - pH.
  - Color de la grasa (escala AUSMeat rango de 0 a 8).
  - Marbling o contenido y distribución de grasa intramuscular: por apreciación visual de acuerdo al Sistema de Clasificación de Calidad de Canales del Departamento de Agricultura de EE.UU (Beef, Quality Grades, USDA) a nivel de la 10<sup>a</sup> – 11<sup>a</sup> costilla, correspondiente al bife angosto.
- A nivel de laboratorio (2 días de maduración):
  - Terneza
  - Color del músculo

PVi promedio de 157 kg, mientras que los del productor 2 fueron los de mayor peso (202 kg;  $P < 0,05$ ). En los otros predios, los pesos de inicio fueron de 161 y 192 kg (productor 4 y 3, respectivamente) (**Cuadro 2**).

En las otras variables consideradas para el estudio del crecimiento animal, también se reflejan las diferencias en composición tisular entre los distintos sistemas de producción. Los terneros del productor 2 presentaban una mayor AOB inicial ( $P < 0,05$ ) y un mayor EG inicial medido por ultrasonografía, en comparación con el resto de los productores. En cuanto a AA, los terneros del sistema 3 fueron los de mayor altura ( $P < 0,05$ ).

Los terneros del sistema 1 presentaron los menores valores en las distintas variables al inicio de la experiencia (**Cuadro 2**).

En la **Figura 1**, se presenta la evolución del peso vivo en el período comprendido de Abril de 2008 hasta Diciembre de 2010. Durante el mismo, los productores definieron distintas estrategias de cría y engorde dadas las condiciones de sequía instaladas en 2008 y 2009 principalmente. Eso determinó el agrupamiento de animales según condición corporal, llegando incluso a dividir en dos estrategias de terminación, corral y pasturas, como sucedió en el establecimiento 4.

### 3. RESULTADOS: EN EL PERÍODO DE RECRÍA Y ENGORDE

Los animales seleccionados para esta experiencia presentaron un peso vivo inicial promedio (PVi) de 177 kg, mostrando diferencias en esta variable de 45 kg entre los establecimientos de mayor y menor peso. Los terneros del productor 1 fueron los más livianos con un

**Cuadro 2.** Valores iniciales promedios de las principales variables analizadas en esta etapa.

Productor	PV inicial (kg)	AA inicial (cm)	EGu inicial (mm)	AOBu inicial (cm <sup>2</sup> )
1	156,9c	97,2c	1,88b	29,0c
2	201,8a	102,2b	2,04a	37,2a
3	191,6b	106,1a	1,95ab	33,9b
4	161,3bc	101,3b	1,91b	32,9b

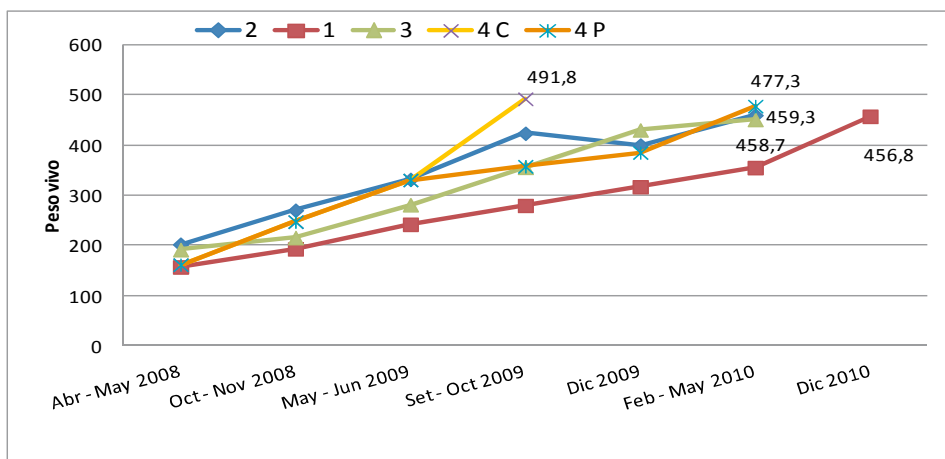


Figura 1. Evolución del peso vivo durante el periodo de estudio por productor.

En la segunda fecha de medición de estas variables (Octubre - Noviembre de 2008), al corregirse por el peso inicial, dada las diferencias expresadas, se puede observar el distinto crecimiento animal por productor. Se resalta la evolución de los terneros del productor 4, los cuales alcanzaron un peso vivo promedio de 257,4 kg, alcanzando un peso similar a los productor 2 (252,7 kg) quienes habían comenzado con el mayor peso inicial, superando en 40 kg a los del sistema de ciclo completo del Litoral oeste.

Como era esperable este mejor comportamiento también se expresa en las otras variables, principalmente en el AOBu y en el EGu, donde el predio 4 muestra las mayores valores (44,7 cm<sup>2</sup> y 2,8 mm, respectivamente), siendo diferentes ( $P < 0,05$ ) a lo registrado en los otros establecimientos para esas características (Figuras 3 y 4)

El otro grupo de animales que experimentó mejoras en crecimiento fue el perteneciente al sistema de producción 2. El AOBu y el EGu en esta fecha fueron de 41,7 cm<sup>2</sup> y 2,4 mm. En AA, estos animales fueron superiores ( $P < 0,05$ ) a los del predio 4 (116,2 cm vs. 113,7 cm), respectivamente (Figura 2).

Los dos factores que podrían estar explicando estos resultados son el tipo racial, el productor 4 contaba con animales cruza británico por continental y la disponibilidad y calidad de las pasturas, que permitieron potenciar esa respuesta.

Esta tendencia se sigue dando en la fecha 3 (Mayo-Junio 2009), donde el peso vivo de los terneros del sistema de producción 4 (corregido por el peso inicial), supera al de los terneros del sistema 2 (332,5 kg vs. 321,7 kg, respectivamente) (Figura 1). En esta fecha en este sistema, el grupo de animales se dividió en dos, destinándose unos a engorde a corral y otros a pasturas. Esto determina la apertura de la línea gráfica en las Figuras 2, 3 y 4, finalizando en octubre de 2009 los terminados a corral y en mayo de 2010, los que estuvieron alimentados a base de pasturas.

Esto sucede también en las otras variables, donde los terneros de ciclo completo de Litoral oeste, superan al resto en AOBu (47,8 cm<sup>2</sup>,  $P < 0,05$ ) y EGu (3,1 mm,  $P < 0,05$ ) (Figuras 3 y 4).



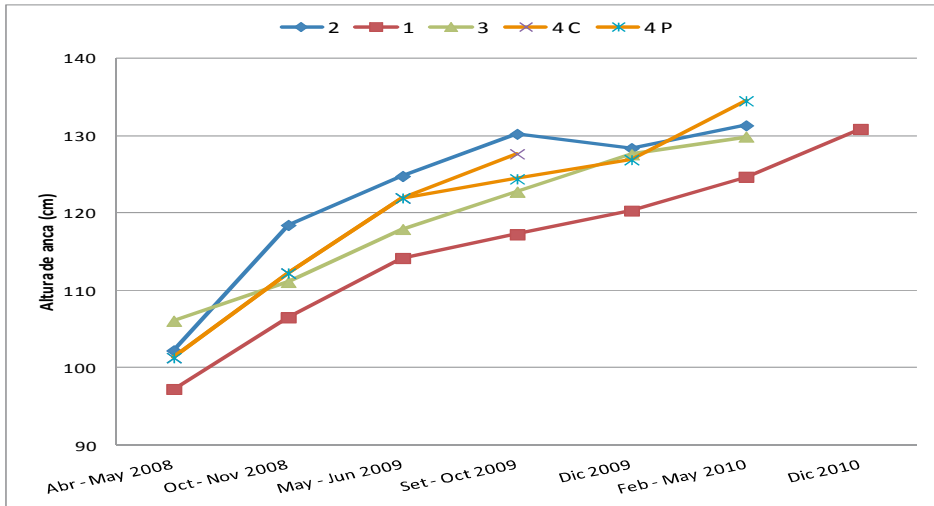


Figura 2. Evolución de la altura del anca (cm) durante el periodo de estudio por productor.

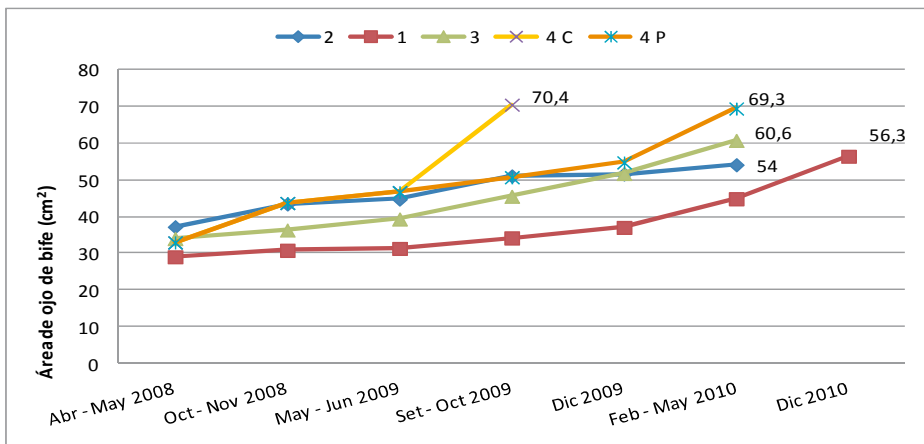


Figura 3. Evolución del área de ojo de bife (cm²) durante el periodo de estudio por productor.

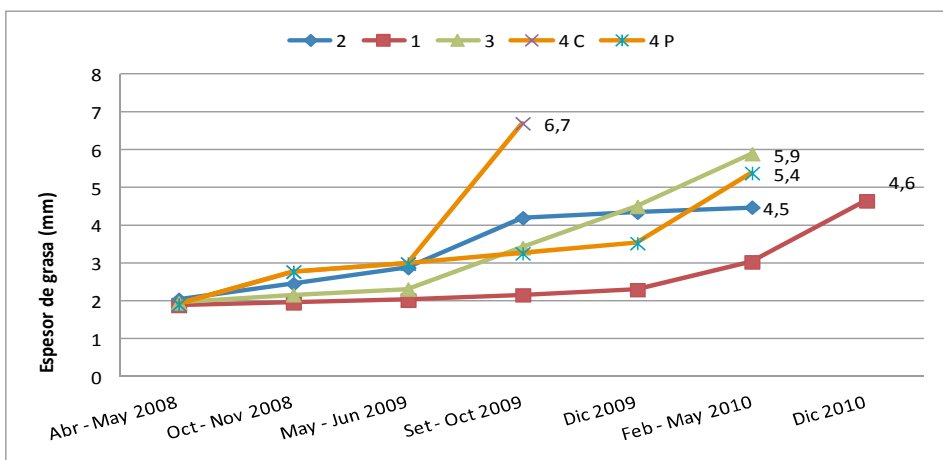


Figura 4. Evolución del espesor de grasa (mm) durante el periodo de estudio por productor.

Para el resto de las fechas de medición se mantuvo la tendencia de evolución del crecimiento de los animales por sistema de producción, constatando que los animales del productor 1, por la condición de los animales al inicio como por problemas en la disponibilidad de forraje de las pasturas (sequía 2008-2009), fueron los que mostraron un menor crecimiento, llegando a los pesos de faena entre 8 y 9 meses más tarde que los otros sistemas pastoriles.

El peso de faena promedio objetivo fue de 500 kg de peso vivo, en el campo. Los pesos vivos finales alcanzados por cada sistema, dentro de los pastoriles, fueron: el productor 1: 457 kg, el 2: 459 kg, el 3: 451 kg y el 4: 477 kg. Se deberá tener en cuenta que estos pesos fueron para el sistema 2, 3 y 4 en Mayo-Junio de 2010 y en Diciembre de 2010 para el productor 1. Los animales terminados a grano del sistema 4 alcanzaron un peso vivo previo al embarque de 492 kg en octubre de 2009.

Las ganancias de peso vivo para distintos períodos fijados por la fecha de medición y para todo el período son presentados en el **Cuadro 3**.

Las ganancias de peso promedio estuvieron afectadas por las condiciones climáticas que se presentaron en los años de la experiencia. Como se puede observar, en el primer año (abril 2008 a junio 2009) las mismas oscilaron entre un mínimo de 180 g/an/día

(productor 3) y 410 g/an/día (productor 4) ( $P < 0,05$ ) (**Cuadro 3**).

Las ganancias experimentaron una mejora por sistema en GPV3 (mayo 2009 a diciembre 2009) en los sistemas a pasto, siendo mayores ( $P < 0,05$ ) en este período en el establecimiento 3 (630 g/an/día). En los otros tres sistemas, los animales ganaron 400 g/an/día, aproximadamente.

Las ganancias presentadas como GPV2, corresponden a los datos registrados en el grupo de animales del sistema 4 engordados a corral. El registro no hace referencia a la ganancia del corral, sino que al período entre fechas de registros de pesadas.

Las ganancias para todo el período en los sistemas evaluados con alimentación a base de pasturas promediaron los 300 a 400 g/an/día para los productores 1, 2 y 3, respectivamente y de 550 g/an/día para el producto 4. Este último se explica, como ya se mencionó, por el tipo de biotipo manejado y el mejor estado de las pasturas. Fue seguido en GPV por el productor 2, donde los animales de este productor presentaban una mejor condición corporal y peso al inicio, lo que se evidenció en las curvas de crecimiento. Estas se mantuvieron por encima de los otros sistemas hasta la primavera de 2009, y posteriormente descendiendo en el peso vivo y la altura de anca y se mantuvieron en el espesor de grasa subcutánea.

**Cuadro 3.** Ganancias de peso vivo por animal y por día por período analizado y para todo el período desde inicio del trabajo y el envío a faena

Productor	1	2	3	4
GPV 1 (Abr08-Jun09)	0,23 c	0,30 b	0,18 c	0,41 a
GPV2 (May09-Set09)				1,25
GPV3 (May09-Dic09)	0,41 b	0,37 b	0,63 a	0,42 b
GPV4 (Dic09-May10)	0,25 c	0,98 a	0,23 c	0,56 b
GPV5 (May10-Dic10)	0,46			
GPV período	0,32c	0,39 b	0,34 c	0,55 a
Días totales	936	682	767	616

Nota: GPV corregido por peso vivo inicial (PVI). Letras diferentes por fila marcan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS EN CALIDAD DE CANAL Y CARNE.

Al analizar las variables de esta sección, se deberá tener en cuenta que los novillos de esta experiencia fueron faenados en dos plantas frigoríficas, lo que puede llevar a variaciones en la toma de registros, fundamentalmente en el peso de los cortes al desosado.

### 4.1 Peso de canal caliente

Se evaluaron en esta etapa un total de 123 canales procedentes de los diferentes establecimientos en diferentes momentos (ver Cuadro 1). El peso de canal caliente promedio de los cuatro sistemas evaluados fue de 250,9 kg, siendo el peso mínimo de canal de 215 kg y el máximo de 316 kg. El desvío estándar fue de 15,8 kg. En el Cuadro 4 se presentan los pesos de canal caliente promedio por sistema de producción.

Los animales de mayor peso de canal fueron los correspondientes al productor 3 (P<0,05); superando en 15 kg a los novillos

del ciclo completo, tanto terminados en pasturas como en corral y en casi 30 kg a los novillos de los otros dos sistemas localizados en Cristalino. En la Figura 5 se muestra la distribución de peso de canal caliente para diferentes rangos de peso por sistema. La mayor proporción de canales para el total de animales evaluados se encontraron en un rango de peso de 240 a 260 kg (45%), mientras que un 28% de las mismas estuvieron ubicadas en el rango siguiente (260 a 280 kg). Solo el productor 3 obtuvo canales dentro de los rangos superiores (5% del total de canales). Los sistemas de invernada sobre suelos de Cristalino en cambio presentaron su mayor proporción en los rangos por debajo de 260 kg.

### 4.2 Dentición

La dentición otorgada en la Clasificación de INAC, constituye una medida de estimación de la edad cronológica del animal y está asociada a características de rendimiento carnicero y de calidad de carne. La frecuencia de animales según dentición para cada uno de los sistemas se presenta

Cuadro 4. Peso de Canal Caliente (PCC) por sistema de producción.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
PCC (kg)	243.1c	240.1c	269.4a	254.7b	255.9b

Nota: Letras diferentes por fila muestran diferencias estadísticas (P<0,05).

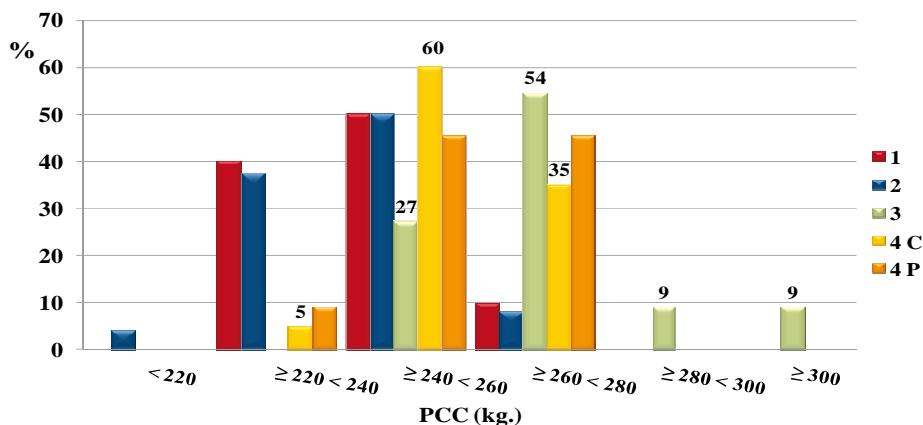


Figura 5. Distribución de las canales por rangos de peso de canal caliente por productor

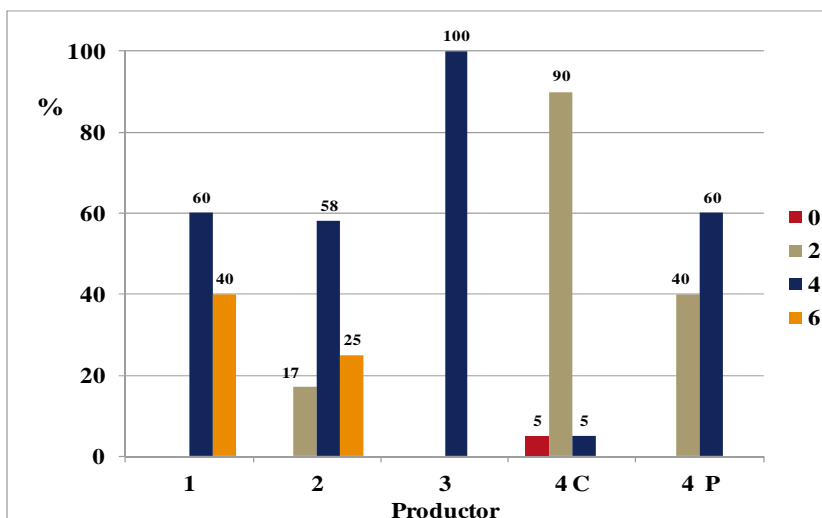


Figura 6. Distribución de las canales por dentición por productor

en la **Figura 6**. El promedio en dentición de los animales evaluados en planta frigorífica fue de 4 dientes, no existiendo animales de dentición completa. La mejor composición de animales por dentición se observó en los novillos del sistema 4 al comparar aquellos sistemas que utilizaron base forrajera en la mayor parte de la cría o en su período de terminación. El 60% de los animales fue de 4 dientes y el 40% restante de 2. En el otro extremo, estarían ubicados los sistemas de invernada sobre Cristalino, los cuales presentaron animales de mayor dentición, faenando el productor 1, por las razones enumeradas (animales de menor peso y tamaño, condiciones se seguía severas) animales de mayor edad (40% de 6 dientes y el 60% de 4 dientes). Los novillos del sistema invernador del Litoral Oeste evaluados en faena fueron en su totalidad de 4 dientes. Como era esperable los animales del pro-

ductor 4 destinados a engorde corral fueron los más jóvenes por dentición (90% de 2 dientes).

### 4.3 Conformación y Terminación

Siguiendo con la tipificación de INAC, todos los novillos de los diferentes sistemas fueron tipificados como grado A en la conformación y 2 en la terminación, en forma subjetiva. Para saber si existieron diferencias en conformación y en terminación se registraron medidas objetivas en la canal, como fueron el perímetro de la pierna y el largo de la canal, las cuales relacionadas al peso de canal caliente dan información sobre el índice de compacidad (asociado a la conformación). Además como índice de muscularidad se utilizó el AOBu dividiendo el PCC llevado a 50 kg, de forma de visualizar si este cálculo expresaba diferencias entre sistemas. En el

**Cuadro 5.** Medidas morfométricas de la canal y área de ojo de bife por ultrasonido relacionadas al peso de la canal caliente izquierda y espesor de grasa subcutánea por ultrasonido.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
PCCi/PPi	1,13c	1,13c	1,25a	1,23a	1,21a
PCCi/LCi	0,84c	0,84c	0,96a	0,87bc	0,90b
AOBu/PCC*50kg	12,2b	11,3b	11,4b	13,7a	13,6a
EGu (mm)	4,9c	4,8c	6,3ab	6,6a	5,4bc

Nota: Letras diferentes por fila muestran diferencias estadísticas (P<0,05).

caso de la terminación, se utilizó como medida objetiva el espesor de grasa a nivel del bife angosto entre la 12-13ª costilla medido por ultrasonografía (**Cuadro 5**)

De la información presentada en este **Cuadro 5**, se concluye que los animales del productor 4 tuvieron un mayor índice de muscularidad ( $P<0,05$ ) el cual se podría explicar por el biotipo animal (cruza británica por continental) expresando el aporte de la raza continental, dado que no existieron diferencias en esta variable para este tipo de animal con dos dietas de terminación (grano y base pastoril). Además, estos animales presentaron los más altos valores del índice de compacidad (PCCi/PPI) junto con los novillos del productor 3.

El engrasamiento a nivel del bife si bien no representa el grado de terminación de una canal, dado que no contempla otras zonas anatómicas, como la grupa y la pierna, debiéndose ajustar el mismo con la apreciación visual de toda la canal, permite detectar diferencias en la deposición del tejido graso. Los novillos de los productores 3 y 4 (a corral) fueron los que presentaron los mayores valores de espesor de grasa, asociado a la alimentación en su terminación ( $P<0,05$ ).

#### 4.4 Peso de principales cortes

El sistema de comercialización en el país y en particular con Carne CREA, premia algunas de las características mostradas en secciones anteriores, como el peso de

canal caliente, el grado de terminación y la dentición. No obstante esto, la industria frigorífica tiene exigencias de los principales mercados compradores en alcanzar un determinado calibre según el corte y el mercado. Para el análisis de estos cortes se fijaron pesos umbrales para el bife angosto y el lomo, que podrían representar precios diferenciales.

En el **Cuadro 6** se presentan los resultados de los pesos promedios del bife, lomo y cuadril, de la suma de los anteriores (Rump & Loin; R&L) y de la proporción de este último de la media canal caliente. Las variables mencionadas están corregidas por el peso de canal caliente del mismo lado que se extrajeron los cortes.

Las canales correspondientes a los novillos del sistema de ciclo completo del Litoral oeste, presentaron los mayores ( $P<0,05$ ) pesos promedio en el bife angosto y en lomo. Esto se vio reflejado también en la suma de los cortes que conforman el R&L. Los cortes de R&L procedentes de animales del productor 2, alcanzaron pesos similares a los del productor 4. Este comportamiento se mantiene aún cuando se relaciona la suma de esos cortes con el peso de la media canal caliente.

Esta diferencia a favor del productor 4 se marcará en el valor económico del corte, dado la incidencia del calibre de los mismos (ej: bifes con peso mayor a 4,5 kg podrían llegar a valorizarse un 20% más

**Cuadro 6.** Peso de principales cortes y proporción del Rump & Loin de la media res.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Bife angosto (kg)	4,40 b	4,42 b	4,51 ab	4,71a	4,72 a
Lomo (kg)	1,68 b	1,67 b	1,68 b	1,88 a	1,82a
Cuadril (kg)	2,92 b	3,34 a	2,84 b	2,94 b	2,97 b
R&L (kg)	9,0ab	9,5a	8,7b	9,4a	9,5a
R&L/PCCi	7,26ab	7,69a	6,80b	7,44a	7,53a

Nota: las variables de peso están corregidas por peso canal caliente izquierda (PCCi).

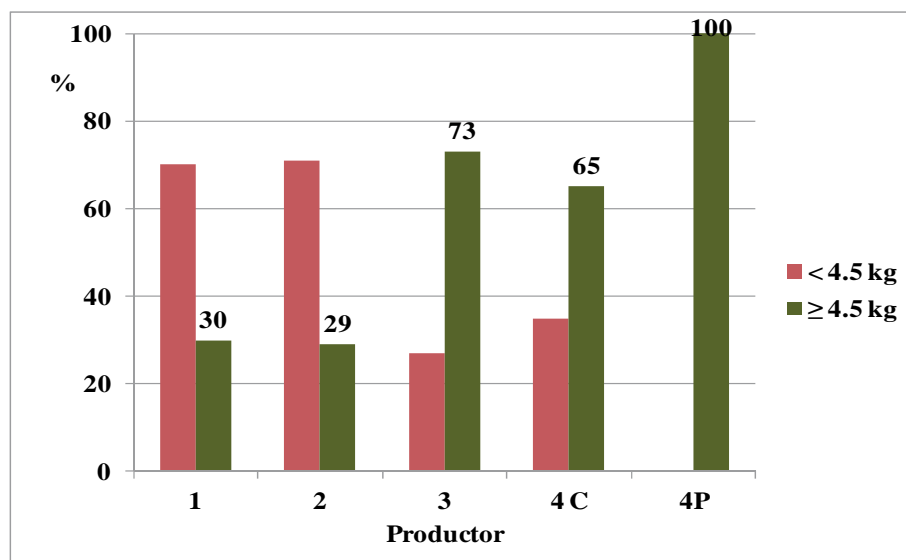


Figura 7. Distribución de los pesos de los bifes angostos según peso umbral de 4,5 kg por productor

que aquellos por debajo de ese umbral). En la **Figura 7**, se presenta la distribución de los pesos de los bifes angostos por productor y según ese umbral.

Nuevamente los productores 3 y 4 presentan una mayor proporción de bifes por encima del peso prefijado (4,5 kg), mostrando una relación inversa a los otros dos productores ubicados en suelos de Cristalino. En

el caso del productor 4 sobre pasturas, el 100% de los bifes angostos pesaron igual a 4,5 kg o más.

Lo mismo se presenta para los lomos, siendo el calibre de 1,8 kg el fijado para la diferenciación de valor. El productor 4, como se observó en el **Cuadro 6**, se diferencia en este corte del resto de los sistemas, presentando del 64 al 75% de los lomos en el rango

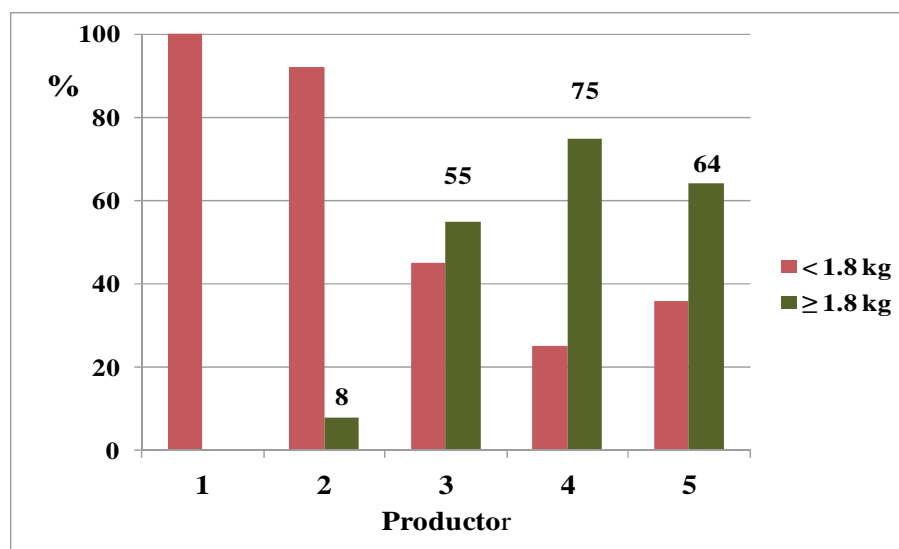


Figura 8. Distribución de los pesos de los lomos según peso umbral de 1,8 kg por productor.

superior ( $\geq 1,8$  kg). Los novillos de los sistemas invernadores de Cristalino no alcanzaron ese umbral o lo hicieron en una muy baja participación.

#### 4.5 Calidad de carne

En el comercio de la carne vacuna a nivel mundial se han registrado fuertes cambios en los hábitos de consumo de carnes rojas. Cada vez más son mayores las exigencias de calidad del producto, donde el color y la terneza (ésta como cualidad más importante de la palatabilidad), son las principales determinantes que el consumidor pone énfasis en el momento de decisión y repetición de compra. Junto a los atributos mencionados, hay una serie de variables que están relacionadas a la calidad, como ser el pH y el contenido de grasa intramuscular, de interés de evaluar en estos sistemas.

El pH es una variable de calidad de carne que se relaciona con atributos de palatabilidad y color, pero su importancia comercial radica principalmente en aspectos de inocuidad. Los mercados determinan exigencias de pH en carne que varían en valores menores a 5,8 (Estados Unidos) o menores a 6,0 (Europa).

**Cuadro 7.** Promedio de pH según sistema.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
pH	5,52	5,58	5,56	5,58	5,54

**Cuadro 8.** Color de la grasa según escala AUSMeat de las canales evaluadas por productor.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Color grasa	3,20a	3,31 <sup>a</sup>	3,24a	2,10b	2,91a



En el **Cuadro 7** se observan los valores de pH registrados a las 48 horas post mortem, para el total de novillos. Los valores observados se encontraban dentro de los considerados normales en los cuatro sistemas (menor a 5,8), no existiendo diferencias ( $P > 0,05$ ) entre sistemas

El color de grasa de cobertura se evalúa de forma subjetiva y se puntúa con los estándares de color de AUSMeat de 0 a 8. Se observan diferencias en color atribuidas principalmente al tipo de dieta suministrada en el período de engorde (**Cuadro 8**). Los novillos terminados con grano (a corral; 4 C) presentaron una grasa más blanca (2,1;  $P < 0,05$ ) que el resto de los animales de los otros sistemas. No obstante el color de la grasa de los novillos de estos sistemas fueron valores aceptables. Los valores de rechazo en esta escala utilizados por la industria son el 7 y el 8.

Para el color de la carne, en el **Cuadro 9** se muestran los valores de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  sobre la muestra de carne (músculo *Longissimus dorsi*) llevada al laboratorio para su análisis.

**Cuadro 9.** Parámetros de color en la carne.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
L*	35,36b	34,00b	34,70b	38,92a	33,88b
a*	22,27b	20,27c	22,16b	25,03a	20,33c
b*	10,95a	9,92b	11,72a	9,53b	9,52b
Croma	24,61b	22,53c	24,98b	27,00a	22,43c

**Cuadro 10.** Promedio de dureza (kgF) de la carne según sistema.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Dureza	5,05	5,32	4,92	5,10	5,22

El parámetro L\* en la carne, asociado a la luminosidad o brillo, presentó diferencias entre productores, siendo menor ( $P < 0,05$ ) en los sistemas donde la terminación del engorde tenía base pastoril, determinando generalmente una coloración más oscura. Esto está acorde a lo reportado internacionalmente sobre el efecto de la alimentación a base de grano en la dieta sobre el color de la carne. El parámetro a\* en carne, el cual muestra los niveles de rojo, fue menor ( $P > 0,05$ ) en el sistema 4 que incluyó grano en la dieta. El b\* representa los niveles de amarillo, siendo el sistema 4 C el de menor valor.

El Croma, definido como la raíz cuadrada de la sumatoria de los parámetros a\* y b\* al cuadrado, es un indicador que se aproxima a la apreciación visual por parte del consumidor. Claramente resulta que la carne de los animales del sistema con encierro, presentó los mayores valores de esta variable (27;  $P < 0,05$ ), demostrando el mejor grado de aceptación potencial por su color. Por otra parte, la carne de los animales alimentados únicamente a pastura fue de un color rojo más intenso.

Los niveles de dureza promedio con un periodo de maduración de 2 días para el total de novillos evaluados no presentan diferencias entre productores. En el **Cuadro 10** se presentan los valores promedios de terneza a los 14 días de maduración del músculo *Longissimus dorsi*.

La cantidad y distribución de la grasa intramuscular en el bife (*Longissimus dorsi*) influye en la apariencia física de la carne y su palatabilidad. Varios estudios han demostrado que incrementos en el grado de marmoreo están asociados con menores valores de fuerza de corte (carne más tierna) y con incrementos de puntuaciones del panel sensorial. Esto es debido a que la grasa intramuscular puede tener un efecto de dilución y de lubricación, probablemente importante en las evaluaciones con paneles sensoriales y al efecto positivo adicional que tiene la grasa sobre la jugosidad de la carne. La expresión de esta variable depende del componente genético y del nutricional (dietas energéticas). La escala correspondiente al sistema utilizado para la determinación de marbling se presenta en el **Cuadro 11**.

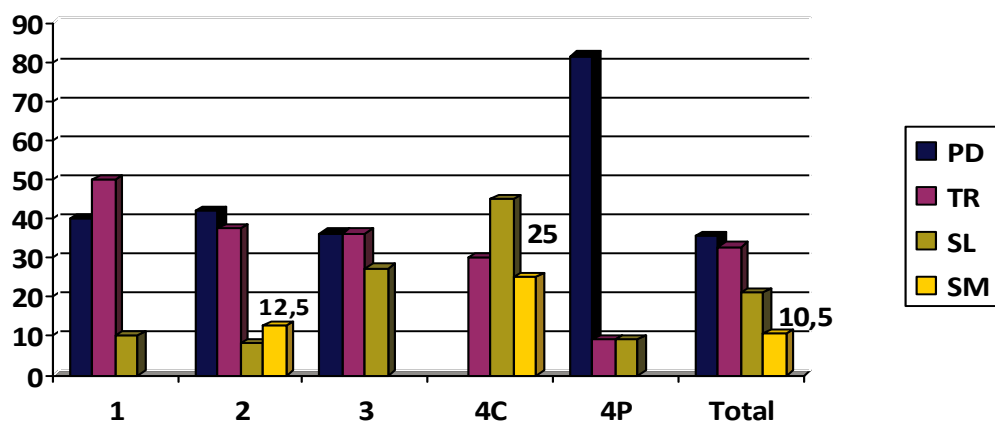
**Cuadro 11.** Escalas de Marbling (según USDA).

Escala	Marbling	Escala numérica
Prácticamente desprovisto	PD	100 - 199
Trazas	TR	200 - 299
Leve	SL	300 - 399
Poco	SM	400 - 499



**Cuadro 12.** Marbling promedio por productor.

Productor	1	2	3	4 C	4 P
Marbling	207,00	210,42	240,00	343,00	150,30



**Figura 9.** Distribución de los grados de marbling por sistema y en el total de la población analizada

En el **Cuadro 12**, se muestran los promedios de los grados de marbling para cada sistema evaluado.

Los niveles de marbling deseados por el mercado americano, el cual diferencia precio por esta variable corresponden al grado de Poco (SM), asegurando el grado Choice dentro de la Clasificación de Calidad de USDA, para novillos de esta categoría. Solo el 10,5% de los animales de esta experiencia lograron ese grado (**Figura 9**). El máximo valor de marbling promedio obtenido por sistema fue el Leve (SL) y correspondió a los novillos del sistema de engorde a corral (4C). El sistema 4P fue el de menor nivel (PD), pudiéndose explicar por los dos componentes mencionados, tipo racial (cruza británica por continental) y alimentación pastoril (**Cuadro 12**).

En la **Figura 9** se muestra la distribución de los distintos grados de marbling por sistemas y para el total de novillos medidos. El sistema 4C obtuvo los porcentajes más altos en las categorías de SL (45%) y SM (25%), seguidos por el sistema 2. En el otro extremo resalta el sistema 4P, donde el 82% de los animales estuvo en el nivel más bajo (PD).

#### 4.6 Modelos de predicción de rendimiento carnívero utilizando mediciones en el animal vivo y en la canal

El estudio y la estimación de la composición y el rendimiento carnívero de los animales en los diferentes sistemas de producción, es una técnica que ha venido siendo utilizada en algunos sistemas de comercialización con alto valor agregado. La medición por ultrasonido de las características carníveras (grasa de cobertura o subcutánea, el área de ojo del bife y el contenido de grasa intramuscular) contribuye a la estimación de valores de rendimiento carnívero, pudiendo ser aplicados incluso en etapas del proceso de engorde, previo a la faena del animal. Además esta tecnología permite determinar en forma muy precisa el punto óptimo de faena, evitando la ineficiencia del sobre-engrasamiento tanto para la industria (recortes) como para el productor (costo deposición de este tejido). El envío de un animal no terminado a faena puede determinar que se esté dejando de ganar hasta un 7% del valor potencial de ese animal. Por el contrario, un sobre-engrasamiento en la invernada determina una pérdida de rendimiento carnívero que

puede llegar al 2-3% del valor potencial. Además, los mercados de exportación de cortes de mayor valor requieren de un grado mínimo de cobertura para ser aceptados. Por otra parte, por encima de este umbral, un mayor EGS determina mayor cantidad de grasa/kg de canal, lo cual va en detrimento del rendimiento carnicero.

La utilización de estas medidas se basa en la asociación que presentan con el rendimiento carnicero de la res. El área del ojo del bife es un estimador directo del peso del bife angosto, corte que puede determinar alrededor del 10 % del valor de una canal y un estimador del rendimiento carnicero global de un animal. El espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonografía es un indicador del grado de terminación de un animal.

Si bien es posible realizar análisis de las relaciones trasero/delantero, pistola/media res, y suma de cortes del trasero/pistola, los cuales aportan información muy importante en la evaluación de canales, el uso de las mediciones mencionadas in vivo por ultrasonido o en la canal asociadas a estos parámetros de rendimiento carnicero (relación del corte trasero en función de la media res o proporción de cortes en función del corte pistola, por ejemplo) permitirían una rápida ponderación de estas variables.

La existencia de una relativa estabilidad de mercados, posibilitaría, la transmisión de

“señales” para definir las características carniceras de interés económico que diferencian grupos de valor industrial. Estas en la actualidad son: calibre de los cortes de valor, cobertura de grasa, pH, rendimiento en cortes de valor.

Se presentarán en los **Cuadros 13, 14 y 15** las principales correlaciones entre las variables medidas in vivo y algunas de las obtenidas post mortem y algunos de los modelos de predicción para características carniceras

#### 4.7 Principales correlaciones entre variables

En el **Cuadro 13** se muestran las principales correlaciones ( $P < 0,01$ ) entre las variables in vivo como AOBu y EGu y los principales cortes (pistola y rump & loin) carniceros. El AOBu fue la medición que mejor correlacionó con el bife angosto ( $r=0,70$ ) y con el lomo ( $r=0,58$ ) y con el R&L ( $r=0,43$ ), aunque fue casi nula su asociación con el cuadril (tercer corte que compone el anterior). Estas correlaciones fueron incluso superiores en algunos casos a las obtenidas con el PCC. Entre estas dos variables, PCC y AOBu el coeficiente de correlación ( $r$ ) fue de 0,39; sin embargo en el otro corte con hueso evaluado (peso pistola=PP), la correlación con el AOBu fue nula.

**Cuadro 13.** Principales correlaciones entre variables carniceras.

Variables	PCC	AOBu
AOBu	0,39	
EGu	0,40	0,43
PP	0,47	-0,04*
Bife (kg)	0,57	0,70
Lomo (kg)	0,61	0,58
Cuadril (kg)	-0,16*	-0,04*
R&L (kg)	0,36	0,43

Nota: Correlaciones significativas al  $P < 0,01\%$ . (\*) Correlación no significativa

#### 4.8 Modelos de regresión: in vivo y post mortem

A partir de las características medidas en el animal vivo previo a la faena, como peso vivo (PV), altura de anca (AA) y mediciones con ultrasonido (AOB y EGS), se determinaron los mejores modelos de predicción de las mediciones realizadas a nivel de la canal en el frigorífico para el total de novillos evaluados (**Cuadro 14**). Las variables a predecir, presentadas en ese **Cuadro 14**, son el peso de la canal caliente, el peso del bife angosto y el peso del rump & loin.

El procedimiento utilizado para el cálculo de los modelos fue el stepwise del paquete estadístico SAS, entrando al modelo las variables que cumplían exigencias predeterminadas. Para la predicción del peso de la canal caliente se puede observar que el AOBu fue la principal variable explicando el 31% de la variación en el PCC.

Avanzando en el proceso industrial, y por la importancia que este corte representa del punto de vista económico, es de interés poder contar con variables medidas en el animal vivo que permitan predecir el calibre (peso) del bife angosto y del R&L. Estos cortes fueron deshuesados acorde a las exigencias del Reino Unido. Al igual que lo obtenido con la predicción del PCC, se constató en los modelos de predicción del peso del bife angosto que la variable AOBu, explica por sí sola el 54% de la variación en el peso de dicho corte. En cam-

bio, cuando se predice el peso del R&L, la variable PV es la primera en entrar al modelo, con un  $R^2$  parcial de 0,29. En esta ecuación el AOBu explicó el 7% de la variación en peso del R&L.

Por sistema (datos que no presentan aquí), el AOBu fue de mayor relevancia en la predicción del peso del bife angosto y del peso del R&L. Para la predicción del PCC, distintas variables se alternaron en los modelos de predicción (PV, AA, EGu y AOBu).

Al considerar los aspectos relacionados al rendimiento carnicero, entendido este como la proporción de cortes del trasero (R&L/PCC), donde era esperable encontrar una mejor relación con las mediciones de las características carniceras in vivo y por lo tanto su poder predicción, los modelos estudiados muestran un  $R^2$  muy bajo (0,19) para el total de animales, siendo las principales variables que componen la ecuación, el PV ( $R^2$  parcial=0,13) y el EGu.

La importancia del aporte del AOBu en estos modelos de predicción puede estar explicada por la variación generada en este estudio en esta variable tanto por los biotipos utilizados como por los sistemas de alimentación (disponibilidad y calidad de las dietas)

Con la variable PCC se procedió a construir modelos de regresión para predicción de las características carniceras de interés comercial anteriormente evaluadas. Los modelos se construyeron tanto para

**Cuadro 14.** Modelos de regresión para predicción del PCC, de los principales cortes (bife angosto y rump & loin) y de su relación el PCC, para el total de novillos evaluados en plantas frigoríficas, utilizando las mediciones in vivo previo al embarque

	Modelos	P	$R^2$	N
PCC (kg)	$196,48 + 0,884 \text{ AOBu}$	< 0,01	0,31	74
Bife (kg)	$1,951 + 0,042 \text{ AOBu}$	< 0,01	0,54	74
R&L (kg)	$0,357 + 0,016 \text{ PV} + 0,028 \text{ AOBu}$	< 0,01	0,35	74
R&L/PCC	$1.137 + 0.006 \text{ PV} - 0.059 \text{ EGu}$	< 0,01	0,19	74

**Cuadro 15.** Modelos de regresión para predicción de los principales cortes (bife angosto y rump&loin), para el total de novillos evaluados en plantas frigoríficas, utilizando el PCC.

	Modelos	P	R <sup>2</sup>	n
Bife (kg)	0,237 + 0,017 PCC	< 0,01	0,33	74
R&L (kg)	10,74 + 0,013 PCC	< 0,01	0,12	74

el total de novillos evaluados (**Cuadro 15**). Se observa que tanto para el bife como para el R&L, el AOBu realizó una mejor contribución que el PCC.

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo de este estudio fue evaluar si los diferentes sistemas de producción y las decisiones de manejo de cada productor durante el proceso de recría y engorde incidían en la eficiencia del proceso de engorde como en las características carniceras y de calidad de carne del animal. Durante este proceso se observó un efecto diferencial, a través de la evolución del peso vivo y de los principales tejidos por la incidencia del manejo diferencial establecido, en el cual los novillos experimentaron distintas ganancias durante el proceso, que repercutieron en la eficiencia biológica.

El período de terminación de los animales, los últimos 120 días previos a la faena, fueron los determinantes en las diferencias encontradas en las variables carniceras analizadas en planta frigorífica y a nivel de laboratorio.

El peso de canal caliente (PCC), fue superior en animales provenientes de sistemas 3 y 4, ambos del Litoral Oeste, donde la estrategia de alimentación definida y el biotipo, incidieron en esta variable. Esta diferencia en PCC se complementa además con una mejor conformación (según mediciones objetivas de la canal) y un mayor grado de engrasamiento (utilizando la medida de ultrasonografía previo a la faena) de las canales correspondientes a esos animales. Además la distribución de los animales por dentición a la faena fue mejor en estos sistemas (principalmente en el sistema 4).

Avanzando en el proceso industrial, los novillos de estos sistemas mostraron un mayor porcentaje en los cortes de alto valor comercial, como el bife angosto y el lomo, alcanzando los pesos exigidos según el estándar de Reino Unido.

La construcción de modelos de predicción de los pesos de la canal y de los principales cortes de interés comercial, utilizando variables in vivo como post mortem, fue uno de los objetivos de este estudio. Se observó que cuando se trató de predecir el peso de canal o de los principales cortes del trasero utilizando mediciones in vivo, la principal variable predictora fue el área del ojo del bife medida por ecografía, con un coeficiente de determinación que varió entre 0,31 y 0,54 para el PCC y el peso del bife angosto, respectivamente, superando en la predicción de este último al aporte del PCC.

En las características que hacen a la calidad de la carne y que fueron estudiadas en esta experiencia comercial, se encontraron diferencias en el color de la grasa dada únicamente por el tipo de dieta final. Los animales asignados a los sistemas con encierro (4C) mostraron un color de grasa más blanco que aquellos alimentados a base de pasturas, lo que es coincidente con lo observado por otros estudios a nivel nacional e internacional. Además se observó también un mejor color de la carne procedente de estos animales (con base importante de grano en la dieta), dado por los valores alcanzados en los parámetros L\*, a\* y Croma. Los niveles de marbling fueron también superiores en la carne procedente de los novillos del sistema 4 C.

Entre los diferentes sistemas, no se encontraron diferencias en los niveles de dureza (medido a través de la fuerza de resistencia al corte) de la carne madurada 2 días.

La información generada en este estudio permite concluir que la selección de sistemas de producción (principalmente biotipo y alimentación) junto con condiciones climáticas imperantes, como lo fue la sequía durante el período de evaluación, incidieron durante la etapa productiva en el crecimiento animal y en la eficiencia del proceso. Las mediciones de características carniceras en el animal vivo, además de los registros de peso vivo, permiten visualizar esto, existiendo diferencias de 14 cm<sup>2</sup> en AOBu y de 2 mm en EGu. La variación observada en AOBu, explica la asociación encontrada entre esta y alguna de las medidas tomadas en planta frigorífica, como el peso de los cortes del R&L.

Considerando que es necesario contar con la valoración de toda la canal, el aporte de esta permitió discriminar pesos de cortes como el bife y el lomo, homogeneizando los mismos según los calibres definidos. Esta

variable, como la de espesor de grasa, podrían ser de gran utilidad para el productor para el manejo eficiente del ganado según su composición tisular ajustando las dietas a grupos de similares características carniceras como para definir estrategias futuras de comercialización que premien animales de mayor valor carnicero.

En lo referente a la calidad intrínseca de la carne, y para las variables presentadas en el estudio, la dieta final resultó ser un factor determinante en atributos de color de la carne, de la grasa y el grado de marbling, siendo importante la incorporación del grano para la mejora de las mismas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

A los productores que aceptaron participar en esta experiencia colaborando con los animales y la toma de registros

Al Frigorífico y Matadero Pando y al Frigorífico Canelones, por su participación y colaboración en las actividades desarrolladas en su planta



# CAPÍTULO VIII

## OBJETIVOS DE SELECCIÓN: HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE SELECCIÓN PARA GANADO DE CARNE EN SISTEMAS DE CICLO COMPLETO EN URUGUAY

Juan Manuel Soares de Lima<sup>1</sup>, Olga Ravagnolo<sup>2</sup> y Fabio Montossi<sup>3</sup>

### 1. INTRODUCCIÓN

Uruguay cuenta con una larga tradición en el uso del mejoramiento genético en ganado vacuno, habiéndose avanzado significativamente a nivel de la cabaña nacional para atender la demanda creciente de información requerida por los criadores para la toma de decisiones. Desde la década de los 80' el trabajo conjunto de INIA con ARU, las Sociedades de Criadores de las principales razas del país, y Facultad de Agronomía han posibilitado que hoy se cuente con una **Evaluación Genética Poblacional (EGP)** en las razas de carne predominantes (Hereford, Angus y Braford). Esto ha permitido acceder a información objetiva de valores de cría para los reproductores (machos y hembras) en las principales características de importancia económica, así como estimar en forma precisa el progreso genético realizado en las cabañas a nivel de los planteles integrantes de la mencionada evaluación.

La EGP consiste en la estimación del mérito o valor genético de los animales pertenecientes a una determinada población, considerando tanto la información productiva de estos animales como de su genealogía. La mitad del valor genético estimado es igual a la **Diferencia Esperada de la Progenie (DEP ó EPD)**, definida para determinada característica, como la diferencia que se espera observar entre el promedio productivo de los hijos de un animal evaluado y el de la progenie de otro animal cuyo EPD es cero.

El EPD es una herramienta muy potente en los planes de mejoramiento genético, pero su utilización generalizada puede plantear algunas interrogantes. Ante un reproductor que dispone de 8 o más características evaluadas en la EGP; ¿qué característica(s) debo hacer pesar más en el proceso de selección?, ¿es preferible seleccionar un reproductor con un mérito genético muy alto en una característica aunque en las otras sea bajo, o la alternativa de elegir un animal promedio en todas ellas?, y la pregunta central, ¿qué reproductor generará el mayor beneficio económico en un rodeo de determinadas características con un escenario de producción y mercado definido?.

Es posible generar respuestas a la mayoría de estas interrogantes mencionadas mediante la creación de un **Índice de Selección (IS)**, el cual concentra toda la información genética de un reproductor en un solo valor comparativo, seleccionando de manera simultánea por varias características, tomando en consideración los aspectos genéticos y principalmente la importancia económica de las características que dan origen a dicho IS.

Para definir un índice de selección primero es necesario puntualizar tres conceptos fundamentales. El primero se trata del **objetivo de selección (OS)**; la definición del objetivo de selección es el primer paso a dar dentro de un programa de mejora genética poblacional. Consiste en identificar las características biológicas que deben ser mejoradas

<sup>1</sup> Ing. Agr. PhD. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA..

<sup>2</sup> Ing. Agr. PhD. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

<sup>3</sup> Ing. Agr. PhD. Director Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.



genéticamente por tener un impacto directo en el beneficio económico del sistema de producción considerado. Estas características pueden ser la preñez, el peso al destete, el peso de carcasa, los costos de mantenimiento, etc., y su importancia relativa estará dada por el **valor económico (VE)** que dependerá del sistema de producción y de los precios y relaciones de precios considerados. En algunos casos, no es posible seleccionar directamente por los objetivos de selección, ya que algunas de las características son difíciles o muy costosas de medir. En estos casos es necesario recurrir a las características indicadoras o **criterios de selección (CS)**, características que disponen de EPD y están genéticamente asociadas a las características biológicas de relevancia económica definidas en el **objetivo de selección**.

## 2. METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE VALORES ECONÓMICOS

La complejidad existente en un sistema de producción ganadero, la necesidad de asumir un escenario de producción a futuro en donde se expresará la mejora genética de hoy, la estimación de los valores de los productos a obtener fruto de dicha mejora, así como los costos de producción correspondientes, determinan que la estimación de estos ponderadores sea un proceso determinante. Los modelos de simulación bioeconómicos, constituyen una herramienta fundamental a la hora de captar la complejidad inherente a estos sistemas, trascendiendo los enfoques lineales más simplistas de otras aproximaciones que se usaron en el pasado para este fin, y que en particular no contemplan totalmente la multiplicidad de factores e interacciones que determinan el resultado productivo y económico del sistema en cuestión.

En primer lugar, es necesario definir claramente los objetivos de selección del sistema, ya sea por su influencia sobre los ingresos o por su incidencia sobre la estructura de costos. En segunda instancia, se debe modelar un sistema de producción que represente lo que se podría esperar como un sistema tí-

pico en un horizonte de 4 a 5 años, bajo el entendido de que la mejora genética realizada hoy tendrá su efecto acumulado en algunos años. Finalmente, sobre este sistema se calculan los VE resultantes de modificar una unidad de las características identificadas como objetivos de selección, manteniendo las demás constantes.

La variación introducida al sistema, es decir el cambio unitario de la característica determina un cambio en los requerimientos de los animales que es ajustado con un incremento o disminución del consumo. Por ende, se ajusta la carga a los nuevos requerimientos, ya que el área total del sistema productivo se mantiene incambiada.

El crecimiento de los animales es ajustado por una curva de crecimiento que pasa por pesos previamente definidos (nacimiento, destete, peso adulto) y el modelo establece los requerimientos (y por ende el consumo) necesarios para lograr el desempeño especificado.

## 3. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE BASE Y EL ESCENARIO DE PRODUCCIÓN

La utilización de un IS como herramienta de selección, debe ser pensada para un sistema que se encuentre por encima del promedio de producción con respecto a los sistemas comerciales de la actualidad, apostando a que la mejora en la competitividad del rubro determine que este sistema superior a la media de hoy, se convierta en un sistema promedio en un futuro próximo.

El sistema de ciclo completo definido es un sistema de producción semi-intensivo, que utiliza razas británicas y cuyo producto principal de venta son novillos para faena, terminados a una edad promedio de 26 meses. También se comercializan vacas de descarte gordas (vacías al diagnóstico de gestación y viejas) y en último término, se venden terneras sobrantes al destete. Se asume la venta de hembras excedentes como terneras por considerar que la venta de vaquillonas



gordas, por el momento, es un negocio relativamente inestable en el mercado local en cuanto a la continuidad y estabilidad de la demanda y requerimientos de pesos y grado de terminación, siendo una opción comercial muy dependiente de situaciones coyunturales de mercado.

El sistema propuesto requiere de un 11% de praderas de alta productividad, 3% de verdeos de invierno y verano y utiliza suplementación invernal de terneros y novillos (1-2 años) durante el invierno, al 1% PV. La curva de crecimiento propuesta para los machos determina una ganancia individual al pie de la madre de 0,794 kg/día y una ganancia post destete de 0,491 kg/día.

En lo referente al subsistema de cría, el 100% de las vaquillonas se entoran con 2 años de edad y las tasas de preñez son de 90, 75 y 85% en vaquillonas, vacas de segundo entore y vacas multíparas respectivamente. Estos valores determinan una tasa global de destete del 78%.

En el **Cuadro 1**, se describen los principales indicadores que definen al sistema productivo base sobre el cual se analiza el valor de las características objetivo.

El crecimiento de los animales es determinado por curvas de crecimiento que interceptan puntos definidos, diferentes entre machos y hembras (**Cuadro 2**).

**Cuadro 1.** Descripción del sistema de producción considerado.

Superficie (has)	1000
Número de vientres	526
Carga (UG/ha)	1.09
Área Mejorada (%)*	14,3% (32% MS)
Estratos por edad vacas de cría	6
Preñez (%)	
	Global
	Vaquillonas (2 años)
	Vacas de 1era Cría
	Vacas Multíparas
Destete (%)	78
Peso al entore (2 años, kg)	350
Producción de peso vivo (kg PV/ha/año)	168
Tasa de extracción (%)	39
Ventas anual (cabezas)	
Novillos	190
Vacas gordas	122
Terneras	54

Nota \*: Las praderas + verdeos ocupan 14% del área pero representan el 32% del total de forraje consumido (en kg de materia seca)

**Cuadro 2.** Pesos Vivos (kg) de acuerdo a tasas de crecimiento propuestas según sexo y momento del ciclo productivo.

	Machos	Hembras
Peso al nacer	40	37
Peso al destete (6 meses)	180	165
Peso adulto	530	480

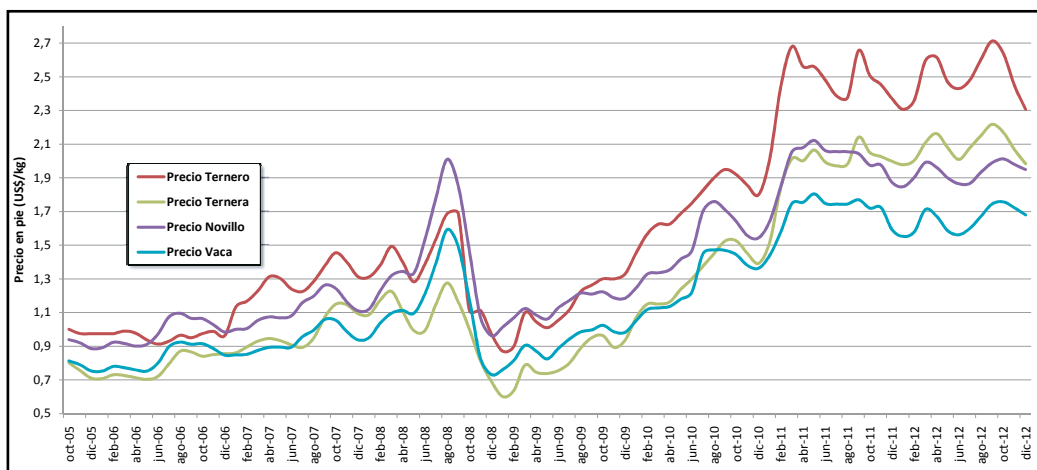


Figura 1. Precios (en pie) de diferentes categorías en los últimos 7 años.

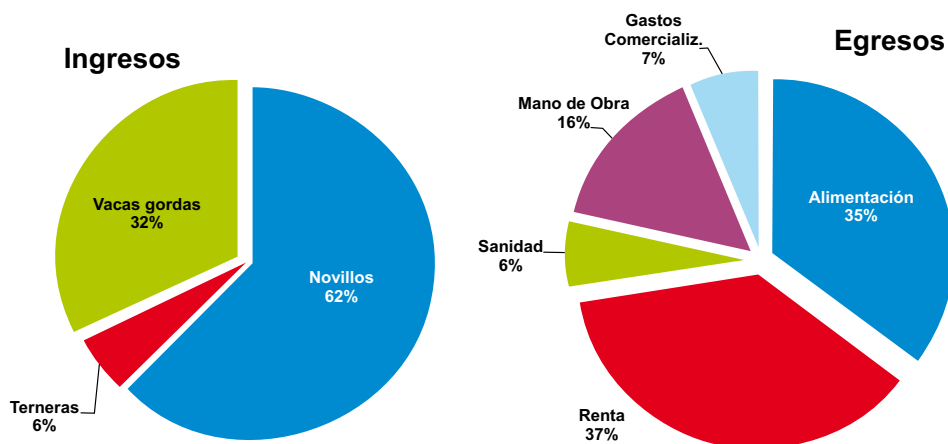


Figura 2. Estructura de ingresos y costos del sistema base modelado.

En lo que respecta a los precios de venta, se utilizan los valores promedio del período enero/2011 a la fecha (Asociación de Consignatarios de Ganado, febrero 2013). Se considera que en ese momento se culmina la recuperación observada luego de la crisis del año 2009 y se verifica una estabilización en los precios, con fluctuaciones relativamente menores (Figura 1). Los valores manejados son: 2,033 US\$/kgPV para las terneras, 3,69 US\$/kg carcasa para novillos y 1,677 US\$/kgPV para las vacas gordas.

Como resultado del sistema descrito, se genera un ingreso bruto de 313 US\$/ha por concepto de ventas de las diferentes categorías (Figura 1). Descontados los costos directos, es decir aquellos que dependen

del nivel de productividad asociado, se obtiene un margen bruto de 107 US\$/ha de pastoreo. Se debe señalar que en estos costos se incluye una renta de 80 US\$/ha/año, como forma de asignarle valor al forraje proveniente del campo natural (Figura 2).

#### 4. IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS DE SELECCIÓN Y SUS VALORES ECONÓMICOS

Habiendo establecido las particularidades del sistema de producción, se definen las características objetivo de selección, es decir aquellas que se pretende mejorar por ser las que determinan mayoritariamente los ingresos y costos de un sistema de ciclo completo

como el planteado. Los objetivos de selección identificados son la tasa de preñez, el peso al destete de machos y hembras, el componente maternal del peso al destete (habilidad lechera), el peso adulto en vacas, el peso de carcasa de los novillos y la facilidad de parto.

En el **Cuadro 3** se esquematiza el efecto de cada una de estas características sobre la estructura de ingresos y costos del sistema.

Si bien los costos de alimentación tienen una alta incidencia en la ecuación de beneficio económico del sistema, la evaluación del consumo como objetivo de selección presenta serias limitantes, ya que la dificultad de su medición en pastoreo ha determinado que no existan parámetros genéticos confiables para esta característica. En su lugar, se considera el peso adulto de la vaca de cría como una característica determinante de los costos de mantenimiento del rodeo y por tan-

to, de los costos de alimentación asociados. Igualmente, cuando se analiza la variación unitaria de cada característica objetivo, se contabiliza el costo asociado del incremento de consumo.

Como se ha mencionado, el cálculo de los valores económicos se realiza a través de un modelo de simulación bioeconómico. Al incrementar una unidad de cada una de las características objetivo en el sistema base, se obtiene un nuevo margen bruto para cada una de dichas características. Al sustraer el valor del margen bruto del sistema base, se logra un margen bruto incremental que puede ser definido como el beneficio por adicionar una unidad de la característica "x" en un sistema de producción, manteniendo constantes todas las demás características de interés. Como en general el número de vientres varía entre el sistema base y el sistema alterado, se expresa el ingreso incremental en US\$ cada 100 vacas de cría.

**Cuadro 3.** Caracteres objetivo de selección y su incidencia en la estructura de ingresos y costos del sistema de ciclo completo definido.

Característica objetivo (incremento)	Efecto sobre ingresos	Efecto sobre costos
<b>Tasa de preñez</b>	Mayor número de novillos y terneras para venta Menor número de vacas de descarte	Mayor consumo forraje
<b>Peso al destete de terneros/as (Directo)</b>	Mayor peso de venta de terneras excedentes	Mayor consumo de forraje de terneros/as
<b>Peso al destete de terneros/as (Maternal)</b>	Mayor peso de venta de terneras excedentes	Mayor consumo de forraje de vacas Mayor consumo de forraje de terneros/as
<b>Peso adulto de vacas</b>	Mayor peso de venta de vacas de refugio	Mayor consumo de forraje de vacas de cría
<b>Peso de carcasa en novillos</b>	Mayor peso de carcasa a faena	Mayor consumo de forraje
<b>Facilidad de parto</b>	Mayor número de novillos y terneras para venta Menor número de vacas de descarte	Menores costos veterinarios

**Cuadro 4.** Valores económicos estimados como resultado del incremento de una unidad en las característica objetivo manteniendo el resto constantes.

Característica	US\$/Unidad
Preñez (%)	164
Peso al destete directo (kg PV)	-30
Peso al destete materno o habilidad lechera (kg PV)	-44
Facilidad de Parto	44
Peso Adulto Vacas (kg PV)	-15
Peso Carcasa Novillos (kg 2da Balanza)	100

Efectuado este cálculo para cada una de las seis características objetivo definidas, se obtienen los VE que se presentan en el **Cuadro 4**.

Se destaca un peso importante y positivo para la variable asociada al comportamiento reproductivo (% preñez).

Los pesos al destete muestran ponderadores económicos negativos, ya que excepto las terneras que son excedentes que se destinan a la venta, por el resto de las hembras y los machos no se genera un beneficio económico puesto que son productos intermedios del sistema, por lo cual, no existe un beneficio directo de lograr un mayor peso. Por el contrario, el kg extra al destete logrado requiere de un incremento del consumo de forraje de los propios animales (PD directo) y de las madres (PD maternal).

El incremento en la facilidad de parto determina un beneficio moderado a alto en el sistema, generando un mayor número de terneros/as, menores gastos veterinarios y menores tiempos de anestro posparto. La comprensión del significado de una unidad en esta característica puede ser un tanto compleja, pudiendo ser profundizada esta temática (Soares de Lima, 2009; Pravia, 2010).

El incremento en el peso adulto de la vaca determina una reducción moderada a baja en el margen bruto logrado, lo que está indicando que el beneficio de obtener una res más pesada al fin de su vida útil, no com-

pensa el mayor consumo de forraje durante toda su vida productiva de una vaca más pesada. De cualquier manera, se debe señalar que los pesos propuestos para las vacas de cría (480 kg de peso adulto y 480 kg de peso bruto en planta), con pesos de canal promedio de 244 kg, permiten captar los premios que actualmente propone la industria bajo el sistema de pagos de Carne CREA (Virginia Guardia, com. pers.).

Finalmente, el incremento de 1 kg de peso carcasa en novillos, el cual es el principal producto de venta del sistema, genera un ingreso extra de 100 US\$/100 vacas. Este valor positivo y alto indica que en este caso -a diferencia de las vacas- el mayor ingreso por lograr una res más pesada compensa el incremento de forraje consumido para lograrlo. En este sentido, la grilla de pagos de Carne CREA utilizada para la valoración de las carcasas, premia fuertemente la ocurrencia de una mayor cantidad de canales en los estratos de mayor peso.

## 5. UNA VARIANTE DEL SISTEMA: EL "CICLO INCOMPLETO"

En los últimos tiempos, la aparición de mercados alternativos para productos intermedios, ha determinado el incremento de sistemas de cría + recría de machos o "ciclo incompleto". En estos sistemas los machos no se engordan hasta los 500 kg con destino a faena como es el negocio más tradicional, sino que se recrían hasta los 350 – 400 kg para su venta con destino a engorde a corral

**Cuadro 5.** Descripción del sistema de producción considerado.

Número de vientres	553
Carga (UG/ha)	1.00
Área Mejorada (%)*	11,4% (27% MS)
Producción de peso vivo (kg PV/ha/año)	160
Tasa de extracción (%)	40
Ventas anual (cabezas):	
Novillos	218
Vacas gordas	128
Terneras	56

o a la exportación en pie hacia países como China o Turquía.

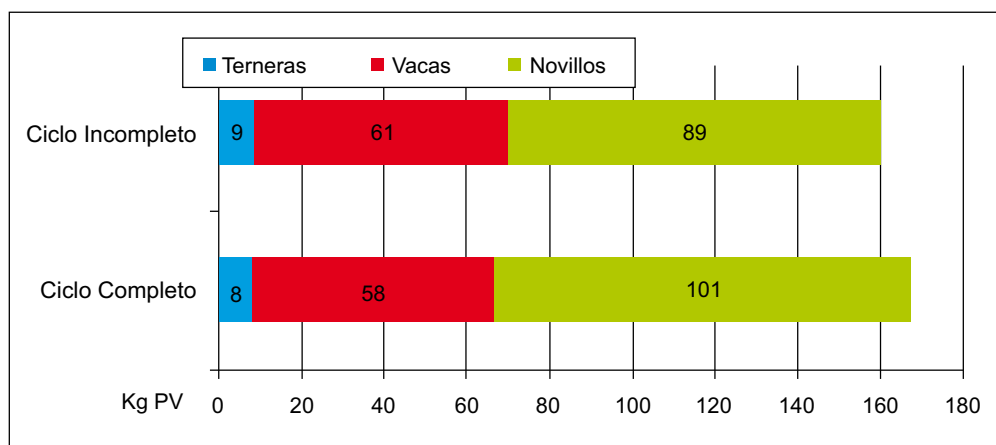
En el **Cuadro 5** se detallan las principales características del sistema.

A la vista de la información presentada en el **Cuadro 5**, es posible realizar algunas apreciaciones que servirán además, para comprender los VE que se presentan seguidamente. En primer lugar, la recría de animales hasta un peso inferior al de faena, determina un desplazamiento de la orientación del sistema hacia la cría. En efecto, como se asume un sistema cerrado (sin compras), la reducción del peso de venta

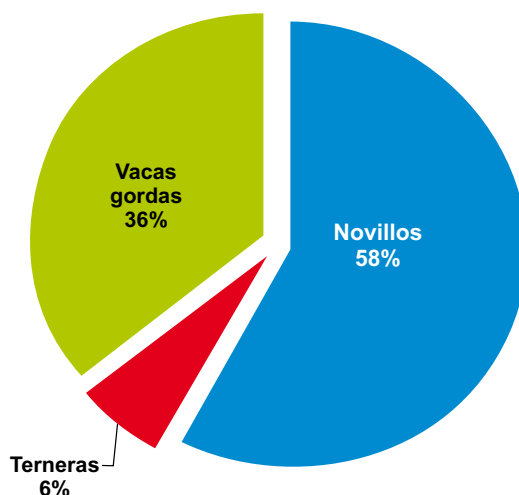
en machos determina un incremento relativo de la producción (**Figura 3**) y del ingreso por venta de vacas y terneras respecto al de novillos (**Figuras 2 y 4**).

La producción física es levemente menor (160 kg PV/ha), al incrementarse el peso relativo de la cría en el sistema en detrimento de una actividad de mayor eficiencia físico-biológica como es la recría e invernada.

También en lo que respecta al consumo de forraje, mientras en el sistema de ciclo completo el 22,2% del forraje (en kg MS) es consumido por los machos, en el ciclo "incompleto" este porcentaje se reduce a 14,9%.



**Figura 3.** Producción física de los sistemas de Ciclo Completo e InCompleto para las diferentes categorías de venta.



**Figura 4.** Proporción de los ingresos provenientes de cada categoría de venta en un "ciclo incompleto".

**Cuadro 6.** Valores económicos estimados en un sistema de cría + recría de machos o "ciclo incompleto".

Característica	US\$/Unidad
Preñez (%)	188
Peso al destete directo (kg PV)	-21
Peso al destete materno o habilidad lechera (kg PV)	-34
Facilidad de Parto	44
Peso Adulto Vacas (kg PV)	-7
Peso Venta Novillos (equivalente 1kg 2da Balanza)	116

En el **Cuadro 6** se presentan los valores económicos estimados para este sistema.

Se destaca el mayor beneficio que proporciona la preñez y el peso de venta de novillos en relación al ciclo completo tradicional. La explicación se encuentra en que en el sistema de recría, el producto principal de venta (kg novillo) tiene un valor de venta levemente menor pero los costos de producción son sensiblemente inferiores que en el sistema de ciclo completo, por lo cual tanto la tasa de preñez (indirectamente) así como el kg extra para venta (directamente) generan más de un producto que tiene un mayor margen bruto (similar ingreso y menor costo). En el modelo, el sistema de ciclo completo produce un 13% más de kg de novillo a un precio

3% superior, pero requiere un 44% más de MS por cada kg producido.

## 6. SENSIBILIDAD DE LAS ESTIMACIONES

La variabilidad en los precios de venta observada tanto entre años como a escala estacional, podría tener un efecto importante en los valores económicos calculados (**Figura 1**).

La mayoría de analistas coinciden en que es esperable la continuación de precios similares a los de los últimos años, en virtud de la sostenida demanda de commodities existente. En este sentido, se realiza un análisis de sensibilidad de los VE calculados, con

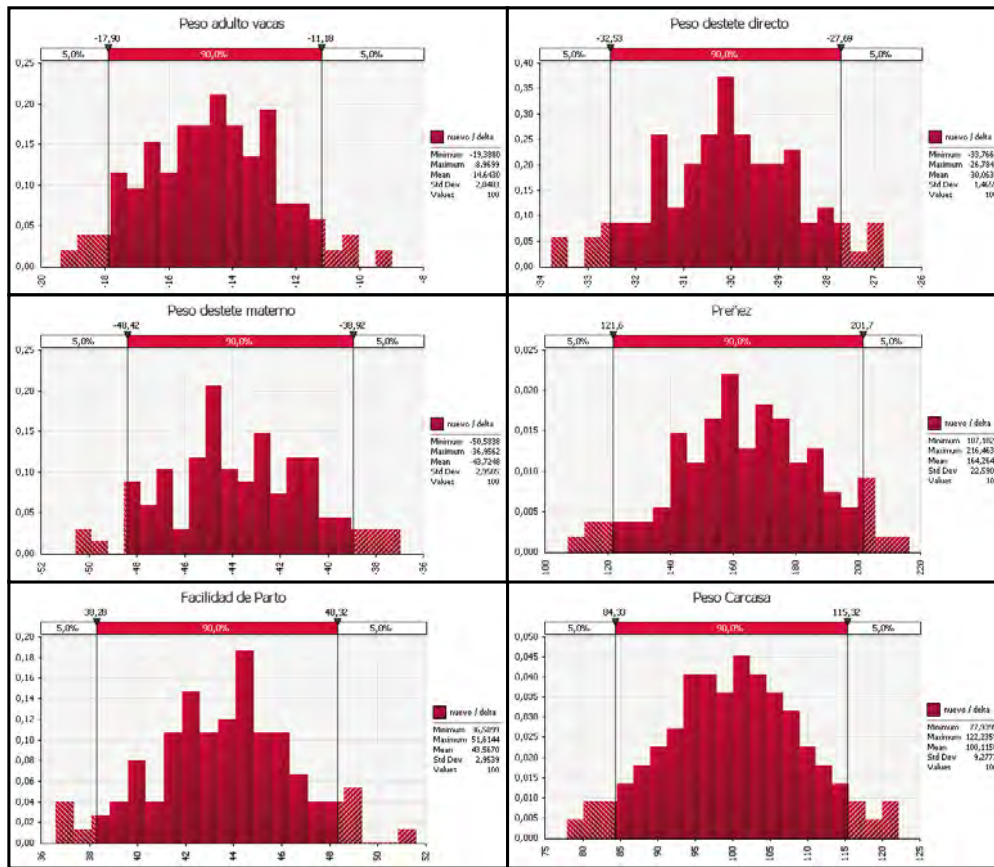


Figura 5. Sensibilidad de los VE calculados para el sistema de ciclo completo a variaciones en los precios de novillo, vaca gorda y ternera.

precios extraídos de la serie enero 2011-febrero 2013, asumiendo una distribución normal, los cuales se describen mediante la media y desvío estándar ( $\mu$ ;  $\delta$ ) para el precio del novillo (1,961; 0,100), vaca gorda (1,677; 0,088) y ternera (2,033; 1,134), expresados en US\$/kg en pie.

Como se observa en la **Figura 5**, la estimación de los valores es robusta, no evidenciándose cambios importantes en ninguno de los caracteres objetivo.

### 7. CONSIDERACIONES FINALES

El paso del uso de los Objetivos de Selección hacia un Índice de Selección que permita seleccionar con la información de EPDs disponible de forma integral requiere necesariamente considerar la variabilidad gené-

tica de cada característica y cómo se relacionan genéticamente entre sí las diferentes características.

Además, es necesario contemplar las veces que cada característica se expresa a lo largo de la vida de la descendencia en el sistema definido. Por ejemplo, el efecto de un padre sobre el peso adulto como vaca de su hija se expresará tantas veces como años ella permanezca en el rodeo, mientras que su efecto sobre el peso de carcasa se expresará una vez en sus hijos faenados, y se expresa en número diferente de veces así como en diferentes momentos.

Esta ha sido la primera aproximación hacia la construcción de un Índice de Selección para un sistema de ciclo completo.



INIA ya generó el primer índice de uso a nivel comercial para la raza Hereford y orientado a la cría (Soares de Lima *et al.*, 2011). La información provista por FUCREA y el propio GIPROCAR II, muestran un avance de la recría en los sistemas de cría (ciclo incompleto) y la permanencia del ciclo incompleto en la ganadería del Uruguay. Estos tienen vigencia y resultan en interesantes retornos económicos para los productores que orientan sus sistemas hacia estas propuestas. Es por ello que este trabajo contribuye hacia este objetivo, donde la genética debe usarse de manera adecuada para mejorar el retorno económico de esta orientación productiva que un importante número de productores realiza en Uruguay. Este fue un aporte hacia ese objetivo en el marco del GIPROCAR II.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**Pravia, M.I** 2010. Definición de un objetivo e índice de selección para un sistema de producción ganadero característico del Uruguay. MSc. Thesis. Montevideo: UDELAR - Facultad de Agronomía. 132 pp.

**Soares de Lima, J.M.** 2009. Modelo bioeconómico para la evaluación del impacto de la genética y otras variables sobre la cadena cárnica vacuna en Uruguay. Tesis Doctoral. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. 240 p.

**Soares de Lima, J.M.; Pravia, M.I.; Ravagnolo, O.; Montossi, F.** 2011. "Una nueva herramienta disponible en el Uruguay para seleccionar reproductores por su mérito económico en el raza Hereford. Anuario Sociedad de Criadores Hereford del Uruguay.



# CAPÍTULO IX

## CONSIDERACIONES FINALES

Fabio Montossi <sup>1</sup>

En tiempos de una agricultura altamente competitiva y de un mercado mundial favorable para la comercialización de productos cárnicos, Uruguay se encuentra en una posición de privilegio y paradigmática. La orientación está definida, el gran desafío será la velocidad a la cual se procesan los cambios productivos y tecnológicos necesarios para que nuestra ganadería se haga más sostenible, y mejore su competitividad y se encuentren sinergias estables con otros sectores muy rentables en un contexto de precios crecientes de la tierra y su renta, y de necesidad de acompañar y cumplir con los requisitos cada vez más exigentes de los mercados internacionales que abastecemos con nuestras carnes.

La intensificación, eficiencia, gestión empresarial y especialización productiva son parte importante de una nueva invernada que responde de forma adecuada a los cambios internos y externos que están operando en esta nueva realidad productiva y de mercados. Estos cambios nos demuestran claramente que vamos hacia una nueva visión de la invernada; de alta precisión, más sistémica, más sostenible, y donde los recursos humanos altamente calificados jugarán un rol determinante en la permanencia y/o crecimiento de un sector próspero.

Sobre la base del estudio realizado en predios de productores referentes a nivel nacional en la producción intensiva de carne bovina así como los aportes obtenidos en este estudio y la contribución adicional de la aplicación de herramientas de gestión y por la información generada por INIA, se destaca que:

- A partir de la inédita encuesta tecnológica realizada a nivel comercial, particularmente para el componente pastoril, se destaca que existen áreas de mejora en la productividad y persisten-

cia de las pasturas cultivadas, con particular énfasis en el perfeccionamiento del manejo agronómico a aplicar.

- Se dispone de una nueva herramienta tecnológica (“rising plate meter” o “medidor de plato de levante”), adaptada y validada para las condiciones del Uruguay, que permite estimar con mediana a alta exactitud y precisión la disponibilidad de forraje por unidad de superficie (kgMS/ha) a nivel comercial para la mayoría de las opciones forrajeras mejoradas que manejan los productores en el país. Un productor eficiente y competitivo mide y gestiona todos sus recursos, donde las pasturas mejoradas son un componente esencial en explicar la productividad, ingreso económico y sustentabilidad de estos sistemas productivos más intensivos.
- Existe una importante brecha tecnológica entre lo que generó la investigación nacional y lo que se observó a nivel comercial para la productividad y el valor nutricional logrado a nivel de las pasturas mejoradas que tienen mayor difusión en el territorio nacional. Se analizó esta situación y los productores tienen oportunidades de mejorar su productividad e ingreso económico en base a la aplicación de las propuestas tecnológicas que generaron para pasturas mejoradas los Institutos Nacionales de Generación y Transferencia de Tecnología.
- En una muestra representativa, se caracterizó por primera vez la calidad de canal y carne que producen los productores invernadores intensivos del movimiento FUCREA. Los diferentes sistemas de producción estudiados

<sup>1</sup> Ing. Agr. PhD., Director Programa Nacional de Carne y Lana, INIA.

demonstraron incidir sustancialmente en las diferentes "calidades" que se generaron en el producto (canal y carne) y que permiten discriminar y manejar los factores de producción para cumplir con los diferentes requerimientos de calidad de los diferentes mercados que dispone la producción nacional.

- El estudio realizado a través del balance de nutrientes sobre el impacto ambiental que tiene la intensificación de la ganadería de engorde, principalmente para el caso del fósforo y nitrógeno, permite disponer de un primer diagnóstico sobre el bajo riesgo potencial ambiental que se observó en estos sistemas intensivos de producción de carne bovina.
- Se aplicó por primera vez el análisis de fronteras de producción para la ganadería nacional, el cual demuestra que existen productores más eficientes que otros, y a su vez se identificaron los factores asociados a diferentes grados de eficiencia encontrados, y donde se resaltan aquellos vinculados a la gestión empresarial, relacionados, a su vez, con las características socioeconómicas de los productores.
- La mejora genética forma parte de una visión integral de aumento de la competitividad de la ganadería nacional. Con este enfoque, INIA junto a la Sociedad de Criadores de Hereford del Uruguay desarrollaron el primer índice de selección con aplicación comercial para la ganadería nacional, que incluye la integración del componente económico a la mejora genética. Este estuvo focalizado en la cría, sin embargo, no se dispone de otros índices que abarquen las diferentes opciones productivas que prevalecen en el Uruguay. En este sentido, en el presente trabajo, se establecieron las primeras bases para el desarrollo futuro de un índice de selección para la ganadería orientada al ciclo completo.

Debido al amplio abordaje que tuvo este Proyecto también realiza una contribución importante hacia esa visión de futuro y de posicionamiento diferencial que tiene que tener el sector ganadero y nuestro País en general, como productor de carnes de excelencia, con alto valor agregado y diferenciadas, tanto sea por la calidad intrínseca de su producto como por los procesos sostenibles utilizados para generar la misma. No cabe duda que la profundización de este proceso consolidará la permanencia y mejora del posicionamiento del Uruguay en el mercado de internacional de carnes rojas.

Con respecto a las innovaciones institucionales que se desarrollaron desde la génesis del Proyecto, más tarde en su propia ejecución y finalmente en los importantes productos logrados en el mismo, las cuales favorecieron el cumplimiento de los objetivos institucionales del INIA. Esta Institución tiene como estrategia prioritario el desarrollo del trabajo de investigación, transferencia e innovación en conjunto a los productores y sus organizaciones. Este Proyecto ha sido un muy buen ejemplo de ello, con un esfuerzo cooperativo y complementario entre FUCREA e INIA. Con esta forma y estilo de trabajo conjunto, simultáneamente se contribuyó a: facilitar la transferencia de tecnología, favorecer la retroalimentación continua de identificación de prioridades de investigación, y además permitió expandir "los campos experimentales" del INIA en el territorio nacional. De esa manera, se integró y se contempló la amplia diversidad en sistemas de producción presentes en el País, así como la orientación y actitud empresarial diferencial que tienen los productores que se integraron al Proyecto. El enfrentar el desafío de esta diversidad de situaciones es parte de un enfoque moderno de la investigación e innovación. Este forma parte de un análisis "integral", donde se deben generar soluciones tecnológicas "más a la medida" y en forma participativa. Se destaca que este trabajo mancomunado ha servido para cosechar nuevos conocimientos y experiencias en sistemas reales de producción, los cuales todos los actores valoramos y que sin duda favorecieron el crecimiento

del capital humano, directamente e indirectamente involucrado en el Proyecto.

No nos podemos quedar con lo que sucede en el presente, porque como dijo Albert Einstein "no pretendamos que las cosas cambien si siempre hacemos lo mismo". La presión hacia una necesidad de mayor competitividad en la ganadería no debería ser obstáculo, pues el mismo Einstein con su sabiduría afirmaba que "hablar de crisis es promoverla, y callar en la crisis es exaltar el conformis-

mo". En vez de esto trabajemos duro. Acabemos de una vez con la única crisis amenazadora que es "la tragedia de no querer luchar por superarla". Porque se puede. Inspirados en el emblemático tango "Cambalache", decimos que en este mundo cambiante, tuvimos que superar dificultades...en el 506...y en el Siglo XXI también. La innovación forma parte de una solución integral que buscamos y que se constituye un factor calve de generación de oportunidades para un crecimiento sostenible. En ello estamos.

Impreso en Noviembre de 2013  
en PRONTOGRÁFICA  
Cerro Largo 850 - Tel.: 2902 3172  
Montevideo Uruguay  
E-mail: [pgrafica@adinet.com.uy](mailto:pgrafica@adinet.com.uy)  
Dep. Legal 361.755