

**MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR**

**INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL**



***CONTRIBUCIÓN A LA VIABILIDAD DE LOS  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA  
EN LA REGIÓN SUBHÚMEDA Y SEMIÁRIDA  
DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.  
ESTRATEGIAS DE MEJORA.***



**Tesis en Opción al Grado de:**

**Doctor en Ciencias Veterinarias**

**Ing. Agr. Aníbal Fernández Mayer Ms.C.**

**MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR**

**INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL**



***CONTRIBUCIÓN A LA VIABILIDAD DE LOS  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA  
EN LA REGIÓN SUBHÚMEDA Y SEMIÁRIDA  
DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.  
ESTRATEGIAS DE MEJORA.***

**Tesis en Opción al Grado de  
Doctor en Ciencias Veterinarias**

*Autor: Ing. Agr. M.Sc. Aníbal Fernández Mayer*

*Tutor: Dr. Justiniano René Stuart Montalvo*

*Asesores: Dr. Pedro Carlos Martín Méndez*

*Dra. Bertha Chongo García*

**Mayabeque, Cuba, 2011**

## EXERGO

La ciencia normal significa aquella investigación que está firmemente basada sobre algún o algunos logros científicos pasados (que llamaremos *paradigmas*), los cuales reconoce por algún tiempo una comunidad científica particular como el fundamento para seguir con su actividad (Kuhn 1975).

*Las revoluciones científicas producen cambios constantes, donde un viejo paradigma es reemplazado por otro, completamente o en parte, por uno nuevo e incompatible,*

Thomas Kuhn. *Estructura de las revoluciones científicas.*  
Edición de FCE, México 1975.

El **enfoque de sistemas** es una manera de pensar en términos de interconexión, relaciones y contexto. Entendemos por sistema como una parte de la realidad definida por un conjunto de elementos interrelacionados.

Los sistemas pueden ser complejos o simples. Los sistemas socio ecológicos complejos están relacionados con el **desarrollo sostenible**.

*Una ciencia para el siglo XXI: del contrato social al núcleo científico (2005)*  
Gilberto C. Gallopín, Silvio Funtowicz, Martin O'Connor, Jerry Ravetz

## AGRADECIMIENTOS

- A los Directivos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Bordenave, del Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS) de Balcarce y de INTA Central, Buenos Aires, República Argentina quienes confiaron en mí y me otorgaron una Beca para hacer el Doctorado.
- A mi tutor (Dr. Justiniano René Stuart Montalvo) y mis consejeros (Dres. Bertha Chongo García y Pedro Carlos Martín Méndez) quienes me supieron orientar y ayudar a conducir la tesis con un sentido crítico y sistémico.
- A todos los Especialistas que actuaron como Oponentes en las diferentes instancias de Pre-defensas y Defensa de la tesis, cuyos oportunos comentarios críticos fueron muy importantes para la construcción de este documento.
- A los diferentes Especialistas del área de Biomatemática, del Departamento de Rumiantes y de Bioquímica del Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Mayebeque quienes colaboraron desinteresadamente cada vez que fueron requeridos.
- Al equipo técnico de la Experimental de INTA Bordenave, al Dr. Hugo Kruger (especialista en Suelos), Técnica Sra. Mónica Tulesi (Laboratorio de Forrajes), Ing. Agr. Eduardo Campi (Agro meteorología).

## **DEDICATORIA**

**A Nora** (mi esposa)

**Marina, Rodrigo y Enrique** (mis hijos)

**Beba** (mi Suegra)

**Por el estímulo, apoyo y comprensión.**

## ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS

Términos	Simbologías
Aberdeen Angus colorado	<i>AAc</i>
Acido acético	<i>C<sub>2</sub></i>
Ácidos grasos volátiles de cadena corta	<i>AGV</i>
Acido propiónico	<i>C<sub>3</sub></i>
Adenosín trifosfato	<i>ATP</i>
Ácidos grasos insaturados	<i>AGI</i>
Ácido dexosiribonucleico	<i>ADN</i>
Ácido ribonucleico	<i>ARN</i>
Asignación de forraje ( <i>kg. MS cada 100 kg. de PV</i> )	<i>Af</i>
Amino ácido	<i>AA</i>
Brown Middle Rib o sorgo nervadura marrón	<i>BMR</i>
Amoniaco	<i>NH<sub>3</sub></i>
Calidad nutricional	<i>CN</i>
Carbohidratos	<i>CHO</i>
Carbohidratos estructurales	<i>CHOE</i>
Carbohidratos no estructurales	<i>CNE</i>
Carbohidratos no estructurales solubles	<i>CNES</i>
Carbonato de calcio	<i>CO<sub>3</sub> Ca<sub>2</sub></i>
Carga animal ( <i>n° de animales hectárea<sup>-1</sup> o kg. de peso vivo hectárea<sup>-1</sup></i> )	<i>CA</i>
Cereales forrajeros de invierno	<i>CFI</i>
Coefficiente de engrasamiento	<i>Kf</i>
Coefficiente de determinación	<i>R<sup>2</sup></i>
Consumo voluntario de materia seca	<i>CVMS</i>
Costo de Producción ( <i>u\$ \$ kg. Producido<sup>-1</sup></i> )	<i>CP</i>
Cuadrado medio del error	<i>CME</i>
Digestibilidad in vitro de la MS	<i>DIVMS</i>
Dióxido de carbono	<i>CO<sub>2</sub></i>
Diseño completamente aleatorizado	<i>DCA</i>
Dólar americano	<i>USD</i>
Durbin-Watson	<i>DW</i>
Desviación estándar	<i>DE</i>
Dólar estadounidense	<i>u\$ \$</i>
Eficiencia de conversión ( <i>kg. de MS kg. carne producido<sup>-1</sup></i> )	<i>ECv</i>
Energía metabolizable	<i>EM</i>
Engorde a corral	<i>EC</i>
Engorde pastoril	<i>EP</i>
Error estándar	<i>EE</i>
Equivalente reducido	<i>NADPH</i>
Etcétera	<i>Etc.</i>
Fibra físicamente efectiva	<i>feFDN</i>
Fibra detergente ácido	<i>FDA</i>
Fibra detergente neutro	<i>FDN</i>
Fósforo	<i>P</i>
Grado centígrado	<i>C°</i>
Grano de maíz	<i>GM</i>

Grano de sorgo	<i>GS</i>
Gramos	<i>g</i>
Hectárea	<i>ha</i>
Hidrógeno	<i>H</i>
Kilogramos	<i>kg</i>
Lignina detergente ácido	<i>LDA</i>
Litros	<i>l</i>
Materia seca	<i>MS</i>
Materia verde	<i>MV</i>
Metros	<i>m</i>
Milímetro	<i>mm</i>
Megacaloría energía metabolizable	<i>Mcal EM</i>
Nitrógeno	<i>N</i>
Nitrógeno no proteico	<i>NNP</i>
No significativo ( $P > 0.05$ )	<i>NS</i>
Nutrient Research Council	<i>NRC</i>
Páginas	<i>Pág.</i>
Peso vivo ( <i>kilogramo</i> )	<i>PV</i>
Plantas Carbono tres	<i>C3</i>
Plantas Carbono cuatro	<i>C4</i>
Potasio	<i>K</i>
Potencial hidrógeno	<i>pH</i>
Por ciento	<i>%</i>
Producción de carne ( <i>kg. hectárea<sup>-1</sup></i> )	<i>PC</i>
Proteína bruta	<i>PB</i>
Proteína bruta soluble	<i>PBS</i>
Taninos condensados	<i>TC</i>
Toneladas	<i>t</i>
Variedad o cultivar	<i>vc.</i>

## **TABLA DE CONTENIDOS**

Contenidos	Pág.
Resumen	9
Introducción general	12
Capítulo I. Revisión bibliográfica.	18
Capítulo II. Metodología y procedimiento experimental.	55
Capítulo III. Trabajos experimentales.	63
Capítulo IV. Estrategias de mejora. Conclusiones generales y recomendaciones.	107
Referencias bibliográficas.	114
Anexos.	140



## RESUMEN

En Argentina, gran parte de la ganadería bovina de cría y ceba se encuentra en regiones marginales por clima (subhúmedo y semiárido) y suelos (poca profundidad y fertilidad). Esto limita los sistemas productivos y con ello su viabilidad. En este estudio se evaluó la calidad nutricional (*CN*) de los alimentos y su impacto sobre la respuesta productiva y económica, como la ganancia diaria de peso (*GDP*), consumos de *MS* (*CMS*), eficiencia de conversión (*ECv*), producción de carne (*PC*) y costo directo de producción (*CP*) utilizando: a) Pastoreo de cereales forrajeros invernales (*CFI*) encañados ricos en carbohidratos no estructurales solubles (*CNES*) con o sin granos de cereal en bajas proporciones, b) Pastoreo de sorgos nervadura marrón o *Brown Middle Rib* (*BMR*) (frescos o diferidos –heno en pie) y c) granos de sorgo con altos niveles de taninos (*GS*) como suplemento al pastoreo de pasturas polifíticas. El objetivo fue mejorar la viabilidad de los sistemas productivos. Se utilizaron animales de raza británica en 6 experimentos ubicados en el sudoeste de Buenos Aires. Se aplicó la modelación matemática para analizar el comportamiento de diferentes indicadores. Se probaron modelos lineales y no lineales (variable *PV*) utilizando los criterios estadísticos,  $R^2$ , nivel de significación de los parámetros y del modelo completo, *CME*, métodos de estimación Mínimos Cuadrados para el modelo lineal y Levenberg-Marquardt para los modelos no lineales y auto-correlación de los residuos, a través de Durbin-Watson. Se encontró que a) *CFI* encañados con una relación  $CNES\ PBS^{-1} > 1.2$ , asignación de forraje igual o mayor a 3.50 kg *MS* cada 100 kg *PV* día<sup>-1</sup>, solos o con granos (<0.5% *PV*) se obtuvo altas *GDP* (0.8 a 1.3 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) ( $P < 0.01$ ) con un *CP* entre 0.32 a 0.90 u\$s kg<sup>-1</sup>, b) la *CN* de los sorgos *BMR*, en cualquiera de sus variantes, fue muy superior a la de los otros sorgos forrajeros tradicionales (tipo Sudan), aún los graníferos (15 al 20% superior *DIVMS*), por una menor concentración de lignina que tienen estos sorgos y se alcanzó altas *GDP* (0.6 a 0.8 kg) ( $P < 0.01$ ) y c) el uso de *GS*, como suplemento, tuvo muy buenos indicadores productivos (*GDP* 0.930 kg) y económicos (*CP* 0.55 USD kg<sup>-1</sup>), d) no se observó ningún efecto negativo de los taninos del *GS* sobre los parámetros productivos evaluados. El empleo de los *CFI* encañados, sorgos *BMR* y *GS* contribuyó a mejorar la viabilidad de los sistemas ganaderos pastoriles en la región evaluada.

*Palabras clave: Sistemas de producción de carne viables, raza británica, carbohidratos solubles, cereales forrajeros invernales, lignina, sorgo BMR, comportamiento productivo y económico.*

## INDICE

<u>CONTENIDOS</u>	Pág.
INTRODUCCIÓN GENERAL	12
<u>CAPÍTULO I</u>	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	18
I.1 Realidad de la producción de carne en Argentina	18
I.2. Valoración de alimentos	22
I.2.1 Carbohidratos	23
I.2.2 Proteínas	31
I.2.3 Ácidos Fenólicos	31
I.2.4 Sorgos nervadura marrón	35
I.3 Fisiología de la Producción de Carne	36
I.3.1 Comportamiento diferencial del Engorde a Corral respecto al Pastoril	37
I.3.2 Efecto de la madurez del animal y la tasa de ganancia	48
I.3.3 Efecto del sexo y la raza	50
I.3.4 Eficiencia y acumulación del tejido graso y proteico (músculo)	50
I.3.5 Efecto de la composición de la dieta	51
I.4 Evaluación económica de los sistemas ganaderos	53
I.5 Conclusiones	54
<u>CAPÍTULO II</u>	
METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	55
II.1 Características del área de impacto de los sitios experimentales	55
II.1.1 Partidos donde se ubican los Trabajos Experimentales	55
II.2 Materiales y métodos generales	57
II.2.1 Técnicas de muestreo y análisis de laboratorio de parámetros nutricionales	57
II.2.2 Manejo de los animales y del pasto	59
II.2.3 Mediciones e indicadores físicos	60
II.2.4 Análisis estadístico	61
II.2.5 Análisis económico	61
<u>CAPÍTULO III</u>	
TRABAJOS EXPERIMENTALES	63
<u>1º Eje experimental</u>	
III. 1 Efectos del “encañamiento” de los cereales forrajeros de invierno con y sin granos de cereal en bajas proporciones en la producción de carne	63
III.1.1 Ceba de becerros británicos con cereales forrajeros invernales encañados	64

sin grano de cereal en suelos agrícolas	
III.1.2 Ceba de becerros británicos sobre cereales forrajeros de invierno suplementados con y sin grano de cebada	68
III.1.3 Terminación de novillos británicos pesados con cereales forrajeros de invierno encañados y grano de cereal en bajas proporciones	72
III.1.4 Discusión general del 1° Eje Experimental	77
III.1.5 Conclusiones del 1° Eje experimental	82
<u>2° Eje experimental</u>	
III.2 Respuesta en producción de carne a la utilización de los sorgos nervadura marrón o BMR ( <u>Brown Middle Rib</u> ) como pastoreo directo (forraje fresco) o diferido (heno en pie)	83
III.2.1 Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR ( <u>Brown Middle Rib</u> ) como pastoreo directo (forraje fresco)	83
III.2.2 Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR ( <u>Brown Middle Rib</u> ) en pastoreo diferido diferidos –heno en pie- junto a un cereal forrajero invernal	87
III.2.3 Discusión general del II° Eje experimental	93
III.2.4 Conclusiones del II Eje experimental	97
<u>3° Eje experimental</u>	
III.3 Respuesta productiva de novillitos Angus colorados puros y cruza x Shorthorn en pasturas y suplementados con grano de sorgo con alto tanino <sup>1</sup>	98
III.3.1 Materiales y métodos	99
III.3.2 Resultados y discusión	101
III.3.3 Conclusiones del III° eje experimental	106
<u>CAPÍTULO IV.</u>	
ESTRATEGIAS DE MEJORA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
IV.1 Estrategias de mejora	107
IV. 2 Conclusiones generales y recomendaciones	111
IV. 2.1 Conclusiones generales	111
IV. 2.2 Recomendaciones.	112
Referencias bibliográficas.	114
Anexos	139

**CONTRIBUCIÓN A LA VIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA EN LA REGIÓN SUBHÚMEDA Y  
SEMIÁRIDA DE ARGENTINA. ESTRATEGIAS DE MEJORA**

## INTRODUCCIÓN

En la República Argentina, durante los últimos años, la ganadería bovina de cría y en menor proporción los sistemas de ceba pastoril y a corral, se han concentrado especialmente en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, sur de Córdoba y gran parte de las provincias de La Pampa y Río Negro, además de otras regiones del país (Oliverio 2010).

Esta región del sudoeste bonaerense tiene características ecológicas particulares, con clima (subhúmedo y semiárido) y suelos (de poca profundidad y de baja fertilidad) que limitan las actividades agropecuarias (Fernández Mayer *et al.* 2010). Estas condiciones adversas provocan serias restricciones en el desarrollo de los cultivos implantados (de invierno y verano), y con ellos, limita el crecimiento de los planteos ganaderos (Rearte 2010). Además, existen factores de mercado (inestabilidad de precios, cierre de la exportación, etc.) que afectan el valor de la carne, producto de efectos externos e internos, y con él, se restringen las inversiones y los proyectos productivos que requiere la ganadería (Santini 2004 y Resch 2010).

Todos estos factores (clima, suelo y mercados) limitan la productividad y la viabilidad de los sistemas ganaderos, especialmente en las regiones marginales. Algunas de estas amenazas (avance de la agricultura o inestabilidad de los mercados) están influenciadas por factores exógenos a la explotación ganadera y difícilmente puedan ser modificados por el productor. Mientras que otros, como algunos fenómenos climáticos (sequías, inundaciones, etc.) que alteran la calidad y disponibilidad de los forrajes y con ello afectan la producción de carne y el resultado económico de la empresa, se pueden atenuar con diferentes estrategias productivas y de manejo (Dimarco 1998, Torre *et al.* 2003, Santini 2004 y Laborde *et al.* 2005).

Una forma de aumentar la productividad animal y la reducción del uso de concentrados comerciales y granos de cereal es combinando, adecuadamente, los forrajes mixtos (gramíneas y leguminosas) con niveles bajos de ciertos suplementos energéticos-proteicos. Producto de esta articulación se mejoran significativamente las *ganancias diarias de peso* y la tasa de engrasamiento de los animales y de esa forma, se mejora la transformación de dichos recursos en carne (Arelovich *et al.* 1993, Espinosa y Wiggins 2003, Laborde *et al.* 2005, Senra 2005, Díaz Castillo *et al.* 2008 y Senra 2009).

Los niveles de carbohidratos solubles (CNES), la proteína bruta soluble (PBS) y su relación CNES/PBS en los cereales forrajeros de invierno, al momento de ser pastoreados en otoño-invierno, son 8-10%, 15-20% y <1.0, respectivamente (Fernández Mayer y Tomaso 2003 y Flores y Berdersky 2010). En esta situación las ganancias de peso, sin agregado de grano de cereal, son bajas (<0.5 kg/día) (Vaz Martins y Messa 2007).

En la mayoría de los casos, la calidad de los forrajes que abundan en estas regiones es insuficiente como para generar altas *ganancias de peso* y facilitar la terminación de los animales lo que obliga a la administración de suplementos energéticos y/o proteicos para equilibrar la dieta. De ahí, que exista una alta correlación entre la proporción de los suplementos que se utilice con el resultado económico del sistema ganadero. Factor decisivo a la hora de buscar una mejora en la sustentabilidad de los mismos. (Torrea *et al.* 1991, Arelovich *et al.* 1993, Torre *et al.* 2003 y Senra, 2009). Estos resultados económicos – financieros están íntimamente vinculados con la estabilidad de los sistemas productivos. A partir de ello, se puede hacer una mejor asignación y utilización de los recursos eficientemente para obtener el máximo de utilidades (Vega 2001, Cino 2007, Vergara 2008 y Díaz Castillo *et al.* 2008 y Oliverio 2010).

Los precios de la carne y de los insumos que integran las diferentes dietas de bovinos para carne crean un marco regulador de la actividad ganadera, limitando las tecnologías a utilizar y la obtención de utilidades del sector pecuario. Debido a estas particularidades de la ganadería, el mercado y el ambiente determinan el tipo de animales a cebar, el peso de sacrificio y los elementos propios del manejo y la alimentación (Navarro 1994, Levas 1998

y Oliverio 2010). Por eso, aún cuando se logre una respuesta biológica y estadísticamente aceptable de una tecnología, se requiere que la evaluación de las inversiones y la factibilidad económico-financiera generen un ambiente apropiado para las tomas de decisiones efectivas y tecnológicamente viables que garanticen la competitividad de los sistemas productivos (Senra 2005 y Díaz Castillo *et al.* 2008).

#### En síntesis:

Muchos sistemas de producción de carne en la región subhúmeda y semiárida de la Argentina son pocos viables desde el punto de vista productivo y económico.

#### **Problemas de investigación**

- ❖ Moderadas a bajas ganancias de peso ( $0.400$  a  $0.600$  kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) utilizando cereales forrajeros invernales, sin adición de granos de cereal, con razas británicas.
- ❖ Falta información sobre la respuesta en producción de carne y el impacto en los costos de producción al empleo de los sorgos nervadura marrón o "Brown Middle Rib" (BMR) en pastoreo directo o diferido (heno en pie).
- ❖ Es necesario conocer la respuesta a la suplementación con grano de sorgo con altos niveles de taninos dentro de planteos ganaderos pastoriles.
- ❖ Faltan definir estrategias productivas y de manejo que mejoren la competitividad económica de los sistemas de producción de carne en pastoreo.

#### **Hipótesis**

La utilización de estrategias de manejo de las pasturas, cereales forrajeros de invierno y verano balanceados con suplementos energéticos y/o proteicos adecuados, favorecerá la estabilidad productiva y económica de los sistemas de ceba y contribuir a la viabilidad de dichos sistemas.

#### **Objetivos**

##### **Objetivos generales**

Lograr una mayor viabilidad productiva y económica de los sistemas de ceba al implementar nuevas estrategias de manejo de las pasturas e incorporar suplementos locales como integrantes principales de las dietas.

### **Objetivos específicos**

- a. Evaluar los efectos del “encañamiento” de los cereales forrajeros invernales y a los sorgos *BMR* o nervadura marrón en el comportamiento productivo y económico, buscando altas *ganancias diarias de peso* ( $> 0.700$  kg.), con o sin granos en bajas proporciones (0.4-0.6% del *PV*) con becerros y novillos de biotipo chico y mediano.
- b. Determinar el impacto productivo y económico del grano de sorgo con altos niveles de taninos utilizado para balancear dietas. Y evaluar si los taninos del grano de sorgo afectan a los parámetros productivos en estudio.
- c. Definir estrategias de manejo que permitan armonizar los recursos alimenticios con la viabilidad productiva y económica en diferentes planteos ganaderos, que permita sostener estos sistemas ganaderos en regiones subhúmedas o semiáridas.

### **Novedades científicas**

- ❖ Se demostró que el encañamiento de los CFI provoca una relación CNES/PBS superior a 1.2, lo que unido a una asignación de forraje igual o superior a 3.5 kg MS/100 kg de PV/día, permite alcanzar *ganancias individuales diarias de peso* superiores a los 0.900 kg en animales de razas británicas.
- ❖ Se caracterizó la calidad nutricional de los sorgos *BMR* y se definieron pautas para su manejo en pastoreo directo o diferido (heno en pie) que produjeron (muy buenas) *ganancias individuales diarias de peso por encima de 0.600 kg* y adecuados *costos de producción*.
- ❖ El uso de grano de sorgo con altos niveles de taninos como suplemento, no produjo efectos negativos sobre los parámetros productivos de los animales y propicio adecuados indicadores de eficiencia de conversión y costos de producción.
- ❖ Los diferentes ejes de experimentación implementados alcanzaron buenos indicadores de producción de carne (más de 0.600 kg/cabeza/día) y resultados económicos relevantes (costos por debajo de 1 USD por kg. producido) para una región de la Argentina afectada por problemas de clima y suelo.

## **Aportes**

- ❖ Se definieron estrategias de manejo en pastoreo para mejorar la respuesta productiva de los cereales forrajeros invernales y los sorgos *BMR* (pastoreo directo o diferido) en sistemas de ceba pastoril, con o sin bajas proporción de granos de cereal como suplemento (< 0.5% PV) o sin ellos. Todo ello, contribuirá a la viabilidad de los sistemas de producción de carne en regiones subhúmedas y semiáridas de Argentina, y de otras partes del mundo con problemáticas similares).
- ❖ Se determinó el efecto del grano de sorgo con altos niveles de taninos condensados sobre el comportamiento productivo y económico con animales de razas británicas en un sistema pastoril.

## **Importancia práctica**

Como producto de la interacción entre los sistemas de producción de carne y la utilización de recursos nutricionales tradicionales y alternativos disponibles localmente, se pueden fijar estrategias productivas y de manejo que ajustadas a la realidad de cada explotación ganadera ayudarán a su implementación exitosa.

En la figura 1 se describe un diagrama de flujo donde se sintetiza, de modo secuencial, el proceso que vincula las diferentes etapas de la tesis desde la valoración de los alimentos, pasando por los 3 ejes experimentales hasta terminar con los sistemas de ceba intensivos.



**CONTRIBUCIÓN A LA VIABILIDAD LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA Y SUBHÚMEDA DE ARGENTINA. ESTRATEGIAS DE MEJORA**

*Valoración nutricional de diferentes alimentos*



*Figura 1: Diagrama de flujo de la tesis*

## ***CAPÍTULO I***

### **I. REVISION BIBLIOGRÁFICA**

#### **I.1 Realidad de la producción de carne bovina en Argentina<sup>1</sup>**

El número de animales vacunos y la producción, tuvieron un crecimiento hasta el 2007 en que alcanzó los 58 millones de cabezas, comenzando luego un período de liquidación que llevó al número de animales más bajo registrado en varias décadas. Esta disminución tuvo su causa en la necesidad de reordenamiento territorial por la pérdida de superficie ganadera en manos de la agricultura, en los efectos devastadores que provocó la excepcional sequía de los últimos dos años a lo que hay que agregarle la pérdida de competitividad de la actividad ganadera con respecto a la agricultura.

Según datos de SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal) el número de animales de raza bovina se ubicaría a fines del 2009 en unas 51.5 millones de cabezas. Esta disminución en parte se explica por la alta tasa de sacrificio de hembras ocurridas en los últimos dos años, y principalmente por la menor parición del año 2009 (a causa del mal servicio del año 2008), estimada en unos 2.5-3 millones de becerros menos que en los últimos años.

Independientemente de la caída en el número de cabezas ocurrida a partir del 2007, la producción de carne en Argentina es afectada principalmente por su baja productividad. Un sacrificio de 13-14 millones de cabezas sobre una cantidad promedio de 54-57 millones refleja una tasa de extracción próxima al 24-25%. A este problema de baja productividad, debe sumarse el bajo peso medio de sacrificio, que en Argentina no supera los 350-360 kilos promedio. La baja productividad no es consecuencia de la no disponibilidad de tecnologías, ya que los estudios realizados muestran una brecha de adopción tecnológica global superior al 60% para la cría y del 54% para la ceba (Resch 2010).

<sup>1</sup> La información presentada sobre estimación del número total de vacuno y su distribución geográfica fue elaborada en forma conjunta entre INTA y la Dirección de Sanidad Animal del SENASA (Argentina) (Rearte, 2010).

### I.1.1 Competencia por la tierra

El principal cambio experimentado por el sector agropecuario en las dos últimas décadas es, sin duda, la expansión de la agricultura de mano del crecimiento del cultivo de la soja. El gran aumento de la superficie sembrada con este cultivo provocó en la ganadería vacuna argentina una reducción importante de la superficie ganadera. Este avance territorial de la agricultura hizo que la ganadería tuviese que ceder más de 13 millones de hectáreas a los cultivos de cereales y oleaginosas (Rearte 2003 y Fernández 2009).

### I.1.2 Disminución del número de vacunos

A pesar de la reducción de la superficie ganadera, la cantidad de animales vacunos no acompañó esta disminución con una caída en la misma proporción, por el contrario mantuvo hasta fines del año 2006 un crecimiento sostenido de más de 4 millones de cabezas (figura 2) (Rearte 2010). Sin embargo, a partir del 2007 empezó a caer el número de bovinos agravándose la situación en el 2009 y 2010. Los efectos de la sequía en el servicio de la primavera del 2008 hicieron que la parición del último año haya sufrido una disminución cercana a los 3 millones de becerros (Oliverio 2010).

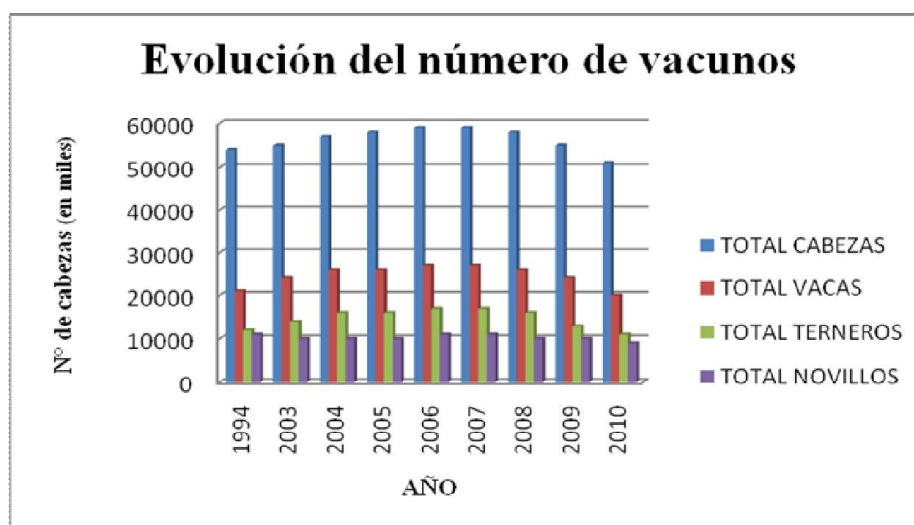


Figura 2: Evolución del número de animales de raza bovina por categorías, (miles de cabezas)

Esta menor producción de becerros hace que para fines del 2010 la cantidad de animales de raza bovina quizás no supere los 50,5 millones de cabezas, lo que sin dudas tendrá consecuencias negativas en la producción de carne de los próximos dos años (Rearte 2010).

### I.1.3 Pérdidas por la sequía

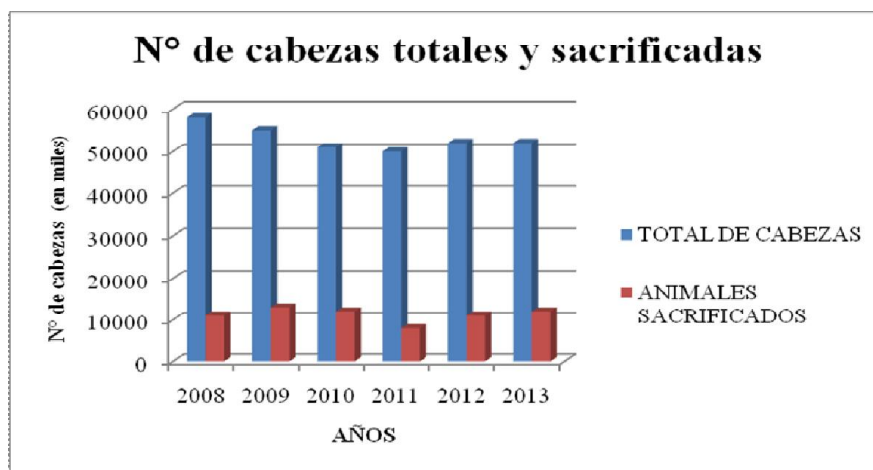
La región subhúmeda y semiárida, en los últimos tres años, fue la más afectada, cayendo la cantidad de vacunos un 24% algo más de 1,1 millón de cabezas año<sup>-1</sup> (Fernández 2009). Esta región por sus características agroecológicas y por su retorno a condiciones de semiaridez que provocó el cambio climático, es la región que menos posibilidades cuenta para crecer en stock (Rearte 2010).

### I.1.4 Proyección esperada en los próximos años

En función de la evolución del número de cabezas, del sacrificio de vaquillas en el 2007 que no ingresaron como vientres en el servicio del 2009, de la mortandad de vientres ocurrida a consecuencia de la sequía y de la caída en la tasa de preñez, la producción de becerros en la parición del último año (2009) estaría en algo más de 12 millones o sea como mínimo 2,5-3 millones por debajo de la parición del año anterior (Rearte 2010).

En la figura 3 se muestra la variación del número de animales bovinos y el sacrificio de hacienda vacuna (en miles de animales) en el período de 2008 al 2013 (Rearte 2010).

Mientras que en la figura 4 se grafica la estimación de la producción de carne, el consumo y el saldo remanente para la exportación en los próximos 4 años. Esta estimación se realizó en primera instancia considerando el consumo per cápita anual de 70 kg de la población nacional y el peso medio de sacrificio actual de 380kg (Rearte 2010).



**Figura 3: Variación del número de cabezas y el sacrificio de hacienda vacuna (en miles de animales)**

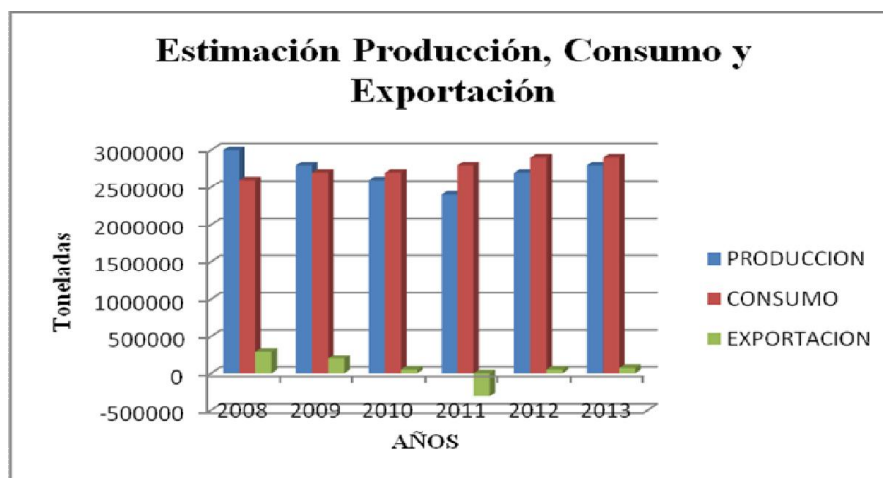


Figura 4: Estimación de producción, consumo y exportación de carne vacuna (tn)

### I.1.5 Tecnologías disponible para el incremento de la producción de carne.

En la medida, que se mejoren algunos parámetros productivos de la preceba y ceba (consumo voluntario de MS, ganancia diaria de peso, eficiencia de conversión, etc.) y se incrementen el peso de sacrificio, a través de tecnologías de bajo costo y de fácil implementación, se pueden lograr importantes aumentos en la producción de carne bovina (Fernández 2009).

### I.1.6 Caracterización de los sistemas productivos imperantes en Argentina

Las vacas de cría se encuentran, siempre, comiendo pastos naturales y, en menor proporción, cultivos implantados (pasturas perennes y anuales). Mientras que, de acuerdo a la intensidad de manejo, la preceba y ceba se pueden clasificar en tres (3) sistemas de producción:

1. *Sistemas pastoriles (puros)*: la preceba y ceba se realiza totalmente con forrajes y pastos naturales e implantados en pastoreo directo y, excepcionalmente, se utilizan suplementos a base de granos de cereal ( $\pm 0.7$  a  $1.0\%$  del *PV*) suministrados, en general, al final de la ceba. La duración de la preceba y terminación varía entre 24 a 30 meses. Los índices productivos y económicos de estos sistemas son medianos a bajos (*ganancias diarias de peso*  $< 0.500$  kg cabeza día<sup>-1</sup> y *costos directos de producción* entre 1 a 1.5 USD kg producido<sup>-1</sup>, respectivamente) (Resch 2010).

2. *Sistemas de corral (puros)*: la preceba y ceba se realiza en corrales con alta proporción (2.0 al 2.5% del *PV*) de suplementos (proteicos –residuos de agroindustrias- y energéticos –granos de cereal y/o alimentos balanceados-) junto a heno o silajes de planta entera. El peso de terminación y la duración del ciclo productivo varía entre 300 a 320 kg *PV* y 5 a 6 meses, respectivamente. En este caso, los índices productivos y económicos son altos (*ganancias diarias de peso* >1.0 kg. cabeza día<sup>-1</sup> y *costos directos de producción* entre 1.5 a 2 USD kg producido<sup>-1</sup>, respectivamente) (Remondino y Garino 2004 y Fernández 2009).
3. *Sistemas mixtos (pastoril y corral)*: en esta oportunidad la preceba se realiza a campo, con pastoreo directo de los forrajes, y la terminación de los animales a corral (280 a 350 y 380 a 420 kg *PV*, respectivamente) con una duración del ciclo productivo entre 15 a 20 meses. Los índices que se obtienen son intermedios entre los sistemas anteriores (*ganancias diarias de peso* 0.7 a 0.9 kg cabeza día<sup>-1</sup> y *costos directos de producción*, medios, entre 1.2 a 1.8 USD kg producido<sup>-1</sup>) (Delgado 2006).

Para mejorar los índices económicos (*costo directo de producción* < 1.0 USD kg producido<sup>-1</sup>) manteniendo altos indicadores productivos (*ganancia diaria de peso* > 0.9 kg cabeza día<sup>-1</sup>) y lograr una duración del ciclo productivo entre 10 a 18 meses, es necesario la articulación entre la calidad de los alimentos, el manejo y conocimientos de la fisiología de producción de carne. En estas condiciones se favorecerán los máximos consumos voluntarios de materia seca y la transformación de los alimentos en carne, con el menor costo de producción posible. A partir de estos conceptos fueron diseñados todos los trabajos experimentales que se presentan en esta tesis.

## **I.2. Valoración de alimentos**

La calidad de los forrajes, en muchas oportunidades, se ha definido sobre la base de digestibilidad y contenido de proteína bruta (Lascano 2002). A partir de la digestibilidad se puede estimar energía que es esencial para la formulación de sistemas de alimentación utilizados en muchos países. Sin embargo, estos sistemas tienen limitaciones para predecir

la respuesta animal y el consumo sobre todo de vacunos en pastoreo, lo cual sugiere que la digestibilidad *per se* no debe usarse como único indicador de calidad de los forrajes, asignando un rol importante al conocimiento de los carbohidratos solubles, fibra detergente neutro y ácidos, almidón y lignina (Lascano 2002).

## **I.2.1 Carbohidratos**

En los forrajes existen 2 grandes grupos de carbohidratos (*CHO*):

- ❖ Carbohidratos Estructurales (*CHOE*)
- ❖ Carbohidratos No Estructurales (*CNE*)

### **I.2.1.1 Carbohidratos estructurales**

Los carbohidratos estructurales están integrados por 2 grandes fracciones: la matriz y la fibra, en la primera se destacan 2 grandes compuestos, la *hemicelulosa* y las *pectinas*. Mientras que la fibra, está compuesta por la *celulosa*, *Beta glucanos*, *lignina*, *ácidos fenólicos* (ferúlico y cumárico) y la *ligno proteína* (Bach y Casalmigia 2006).

La *celulosa*, la *hemicelulosa* y las *pectinas*, componentes de la fibra detergente neutro (*FDN*), son los constituyentes potencialmente digestibles de la pared celular. Esta digestibilidad estará condicionada por el nivel de *lignina* que se encuentre asociada. En términos generales la digestibilidad de la *celulosa* y la *hemicelulosa* varía entre el 52 al 90% (Van Soest 1994). En cambio, las *pectinas* son aprovechables por el animal en un 100%, aunque estos compuestos difícilmente superen el 10% de la *MS* de la pared celular (Van Soest 1994). Químicamente, la *celulosa*, es un homopolisacárido que por hidrólisis enzimática termina en glucosa. En tanto, la *hemicelulosa* es un heteropolisacárido, de constitución distinta a la *celulosa* y al hidrolizarse genera pentosas y ácido urónicos. Las *pectinas* son, también, heteropolisacáridos que por hidrólisis forman ácido galacturónico y varios azúcares (galactosa, arabinosa, etc.).

En la tabla 1 se observa que el contenido de *pared celular* y de *celulosa* afecta negativamente a la digestibilidad y al consumo. El contenido de *hemicelulosa* disminuye el consumo pero no la digestibilidad, mientras que la *lignina* no afecta directamente al consumo pero disminuye la digestibilidad (Van Soest 1994). A medida que aumenta el contenido de *FDN* de un forraje disminuye la velocidad de digestión de dicho forraje en el rumen, afectando significativamente

el consumo. Este comportamiento se observa, en especial, en las gramíneas. En los novillos en crecimiento, el requerimiento en *FDN* se estima en 0,8 % del *PV* (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

Tabla 1: Coeficientes de correlación entre los componentes de la pared celular del forraje, el consumo y la digestibilidad. (a partir de 187 forrajes analizados).

<b>Fracción</b>	<b>Consumo</b>	<b>Digestibilidad química</b>
<b>Pared celular (FDN)</b>	<b>-0.76</b>	<b>-0.45</b>
<b>Celulosa</b>	<b>-0.75</b>	<b>-0.56</b>
<b>Hemicelulosa</b>	<b>-0.58</b>	<b>-0.12</b>
<b>Lignina</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.61</b>

Fuente: *Van Soest (1994)*

La *pared celular* está constituida por dos fases: fase fibrilar o esqueleto y fase amorfa o matriz (González 2003). La fase fibrilar está formada por celulosa que se combina en una disposición muy ordenada (mediante puentes de hidrógeno) que le otorga propiedades cristalinas, formando fibrillas elementales que se reúnen en micro fibrillas, visibles al microscopio electrónico. La fase amorfa está formada por hemicelulosas, compuestos pécticos y glucoproteínas. La *pared celular* se puede dividir en tres partes fundamentales: la sustancia intercelular o lámina media (ricas en ácidos pécticos), la pared primaria (predominan la hemicelulosas y polisacáridos no celulósicos) y la pared secundaria (se destaca la fase fibrilar ~celulosa 60 %~ y la matriz amorfa está formada por hemicelulosas y lignina ~30 %~) (Valenciaga y Chongo 2004). En la tabla 2 se describe las características nutricionales de los forrajes frescos de clima templado a templado frío (carbono 3 o *C3*) con los de clima subtropical y tropical (carbono 4 o *C4*) (Galli 1996).

Tabla 2: Evolución de algunos parámetros químicos entre plantas de carbono 3 y 4

	Estado Fenológico	DIVMS	PB	PBS	Dig. FDN	Lignina
Plantas de Carbono 3 (climas templados a templados fríos)	Estado de pasto hasta pre floración (fase I)	<b>68 – 80%</b>	<b>12 - 30</b>	<b>8- 18%</b>	<b>&gt; 70%</b>	<b>&lt; 5%</b>
Idem	Estado de plena floración hasta madurez (fase II)	<b>&lt; 68%</b>	<b>&lt; 12</b>	<b>&lt;7 %</b>	<b>40 – 68%</b>	<b>6 – 12%</b>
Plantas de Carbono 4 (climas subtropical y tropical)	Estado de pasto hasta pre floración (fase I)	<b>65 - 75%</b>	<b>9 – 20</b>	<b>6 – 12%</b>	<b>60 – 70%</b>	<b>5 – 8%</b>
Idem	Estado de plena floración hasta madurez (fase II)	<b>&lt; 65%</b>	<b>&lt; 9</b>	<b>&lt; 5%</b>	<b>&lt; 60%</b>	<b>9- 14%</b>

DIVMS: digestibilidad “in vitro” de la MS PB: proteína bruta PBS: proteína bruta soluble  
Dig. FDN: digestibilidad de la FDN (fibra detergente neutra) Fuente: Galli (1996).



### I.2.1.2 Carbohidratos no estructurales

En tanto, los carbohidratos no estructurales (*CNE*) están integrados por dos fracciones: una compuesta por *azúcares simples* y solubles en un 100% (*CNES*) y otra, más compleja con alta solubilidad (> 80%) que es el *almidón* (Santini 1989 y Fernández Mayer 2006). Estos *CNE* se encuentran en el contenido celular del vegetal y son altamente digestibles, variando el sitio de digestión en función de las características del *CNE*, de la presentación y del tipo de alimento (Nocek y Tamminga 1991 Aello y Dimarco 2004). Los *CNE* representan la fuente energética más importante para los microorganismos ruminales. El *almidón* es el principal constituyente del endosperma de los granos, variando su proporción de acuerdo al tipo de grano y a otros factores intrínsecos de la planta. En la tabla 3 se describen los rangos más usuales en diferentes granos de cereal (Santini 2004).

Tabla 3: Rango de los niveles de almidón de diferentes granos de cereal de tamaño grande

	Niveles de Almidón (% de la MS)
MAÍZ	70-75
SORGO	70- 73
TRIGO	70 -77
CEBADA	60 – 65
AVENA	40 - 50

Las proteínas asociadas a los gránulos del almidón podrían alterar la degradación ruminal del mismo. El sorgo es, posiblemente, el grano que se ve más afectado por esas asociaciones, cuyos almidones están rodeados, principalmente, por 2 capas proteicas (prolaminas y glutelinas), ambas insolubles en el rumen. Mientras que los gránulos del almidón del grano de maíz están rodeados, básicamente, de una capa proteica (la zeína), altamente degradable en rumen (Mc Allister *et al.* 1993).

#### I.2.1.2.1 Degradabilidad del almidón y sitios de digestión

La digestión ruminal del almidón genera una alta producción de ácidos grasos volátiles (*AGV*), destacándose la producción de ácido propiónico ( $C_3$ ). A diferencia de lo que ocurre con la degradación de los forrajes fibrosos, donde se produce una mayor proporción de acetato ( $C_2$ ). El  $C_3$  se absorbe por las paredes del rumen (+ del 80%) llegando al hígado, donde a través de un proceso metabólico (gluconeogénesis) se transforma en glucosa. Mientras que el  $C_2$  y butirato ( $C_4$ ), generan *ATP* en su mayor proporción en rumen a través del ciclo cítrico (Van Houtert 1993 y Sauvant *et al.* 1994).

La digestibilidad del almidón en el tracto digestivo es superior al 80%, variando de acuerdo al tipo de grano, al consumo (kg *MS* día<sup>-1</sup>), a la velocidad de tránsito por el tracto digestivo, la proporción que se degrada en rumen y la que llega intacta al duodeno (De Visser 1993). La proporción del almidón que llega a intestino delgado “como tal” (*by pass*), es mayor para el maíz y sorgo (25-30%) respecto al trigo, cebada y avena (10-15%), y esto favorece una mayor tasa de engrasamiento (Herrera Saldaña *et al.* 1990). Cuando el almidón es digerido en el intestino delgado respecto al fermentado en rumen, se obtiene una mayor eficiencia energética (42%) (Owens *et al.* 1986 y Aello y Dimarco 2004). En todos los casos, aún los granos finamente molidos, la digestibilidad del almidón nunca alcanza el 100%, debido a factores metabólicos intrínsecos (niveles de amilasa intestinal, *pH*, etc.) que representan limitantes fisiológicas al animal que afectan la asimilación del almidón a nivel del tracto digestivo (tabla 4) (Remillard *et al.* 1990 y Crocker *et al.* 1998).

Tabla 4: Sitios de digestión del almidón de maíz y de sorgo de acuerdo al tratamiento de los granos. Digestibilidad como % del almidón ingerido

Tratamiento	Rumen	Intestino delgado	Intestino grueso	Total <sup>1</sup>
<b>Maíz</b>				
Quebrado	68,9	12,9	8,2	87,6
Aplastado	71,8	16,1	4,9	93,2
Molido	77,7	13,7	4,3	93,5
Ensilado húmedo y aplastado	86,0	5,5	1,0	94,6
Copos por vapor	82,8	15,6	1,3	97,8
<b>Sorgo</b>				
Aplastado	67,8	13,4	5,9	86,4
Ensilado húmedo y aplastado	86,2	9,5	1,1	93,6

(1) La digestibilidad total no necesariamente es la resultante de la suma de las digestibilidades parciales ya que las mismas no han sido medidas simultáneamente en todos los ensayos. Fuente: Owens *et al.* (1986).

Cuando se agregan altas cantidades (>30% de la dieta) de un suplemento rico en carbohidratos no estructurales (por ej. granos) se puede producir una depresión en la digestibilidad de la fibra (Rearte y Santini 1989 y 1996), debido a un efecto directo del

almidón sobre la digestibilidad de la *FDN* o por un efecto indirecto por una reducción del *pH* ruminal provocado por una disminución de la producción de saliva o por una alta producción de *AGV* en rumen (Bach y Casalmigia 2006). Además, se genera una elevada producción de ácidos grasos insaturados (*AGI*) en la grasa de cobertura del animal, desmejorando el aspecto de la res –canal- (Gill 1995).

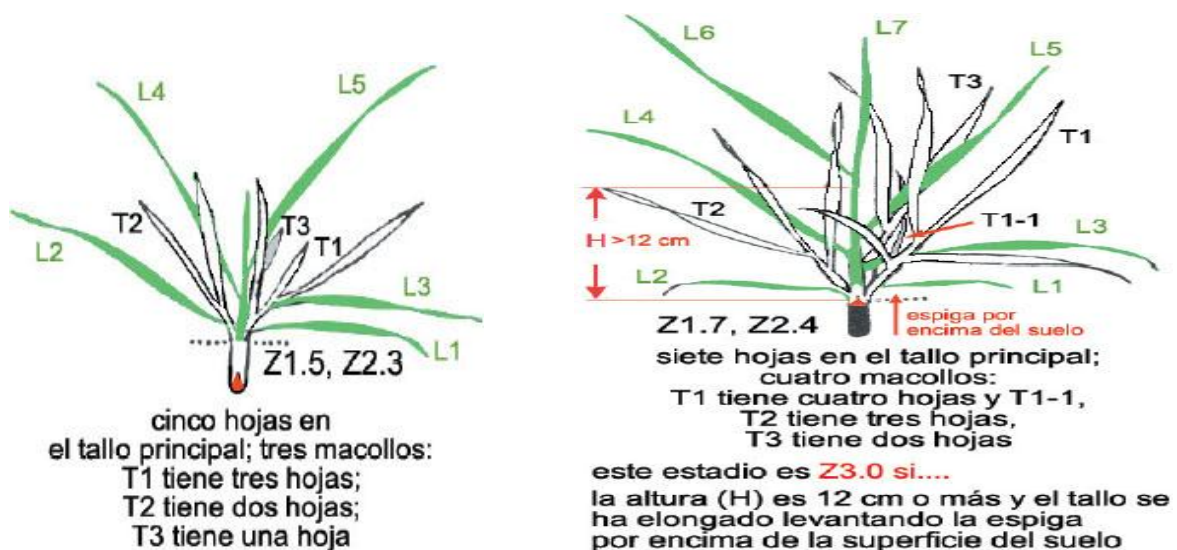
Las dietas integradas por forrajes frescos con el agregado de distintas proporciones de suplementos (granos almidonosos) son más eficientes energéticamente que las dietas compuestas, exclusivamente, con forrajes frescos. Esto ocurre porque la dieta rica en granos de cereal genera una mayor proporción molar de  $C_3$  y en la síntesis de este *AGV*, a partir del piruvato, se requieren 2 moles de  $H_2$  (hidrógeno) mol de  $C_3^{-1}$ , reduciéndose de esta manera la formación del metano (gas), y por ende, la pérdida de energía (Combs 1998). Para favorecer la terminación de un animal (acumulación de grasa subcutánea) se aconseja orientar la fermentación ruminal hacia una mayor proporción de  $C_3$ , usando granos que aporten almidón (Gagliostro y Gaggiotti 2002). En otras palabras, a medida que se incrementa la proporción de granos almidonosos en la dieta, la digestibilidad (energía) de la ración completa aumenta aunque la del componente fibroso disminuye.

En síntesis, la mayor eficiencia energética que se obtiene con dietas integradas por forrajes frescos y granos almidonosos permiten reducir las pérdidas de energía proveniente de alimentos fibrosos para ser utilizada en distintos destinos (síntesis de músculo, grasa, leche o lana) por medio del metabolito energético clave, la glucosa (Aello y Dimarco 2004).

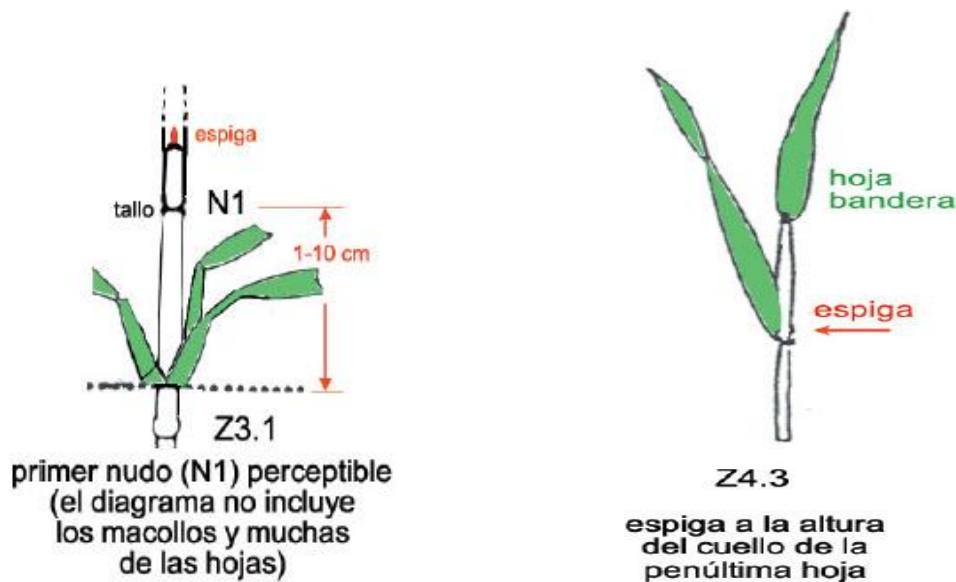
#### **1.2.1.2.2 Carbohidratos solubles**

Los carbohidratos no estructurales solubles (*CNES*) se generan en las hojas (por fotosíntesis) y a medida que la planta empieza a encañarse se acumulan, en una primera etapa, en los tallos (Della Valle *et al.* 1998). Según la escala de Zadoks, el comienzo de encañazón se considera a partir de la 5<sup>ta</sup> a 7<sup>ma</sup> hoja verdadera, según especie, que corresponde a la etapa Z 1.5 a Z 2.3 (primer nudo) (figura 5) (Zadoks *et al.* 1974 y FAO 2010).

La elongación del tallo está muy relacionada con las etapas de desarrollo de la espiga. Se inicia cuando la mayoría de las flores están en la etapa de primordio de estambre y en anthesis (fase de espigazón), elevándose el primordio de la espiga hasta superar la hoja bandera (escala Zadoks Z 3.1 a Z4.3) (figura 6) (FAO 2010). Luego, a medida que la planta florece y forma el fruto (semilla), los *CNES* se dirigen allí, donde se acumulan finalmente en forma de almidón. Durante los estados juveniles de los forrajes frescos, los *CNES* que predominan son azúcares simples: monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (sacarosa y maltosa), con bajas proporciones de almidones como polisacáridos. En las gramíneas el rango varía de 50-150 a 200-300 g de *CNES kg MS<sup>-1</sup>* en las plantas jóvenes y maduras, respectivamente (Gagliostro y Gaggiotti 2002).



**Figura 5: Fases de la encañazón (escala Zadoks Z 1.5 al 2.4) (FAO 2010)**



**Figura 6: Fases de la espigazón** (escala Zadoks Z 3.1 a Z4.3) (FAO 2010)

Otro factor importante que influye en la concentración de los *CNES* en el vegetal es la época del año. La variación que se produce a lo largo del año, además de estar influenciada por el crecimiento de la planta, tiene un efecto muy importante las condiciones climáticas (Wilson y Collins 1980).

Los días fríos y con alta nubosidad, típicos de otoño-invierno en Argentina, promueven una menor síntesis de *CNES* (< 10%) y un incremento de la proteína bruta soluble (*PBS*) (> 12%) (Andrea *et al.* 2001). Este desbalance energía: proteína genera una relación *CNES PBS<sup>-1</sup>* inferior a 1.0 (Andrea *et al.* 2001). En estas condiciones las *ganancias diarias de peso* que se pueden obtener son bajas (< 0.600 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) (Santini 1993, Elizalde *et al.* 1994, Elizalde 1995, Elizalde *et al.* 1996, Vaz Martins y Messa 2007 y Flores y Berdersky 2010) (tabla 5). Sin embargo, en aquellos otoños que tienen días más cálidos con alta luminosidad y radiación se produce un aumento de los *CNES* (> 15%) y una reducción de la *PBS* (< 10%), propios de la primavera. Con esas condiciones ambientales los forrajes frescos, en especial los cereales forrajeros de invierno, aceleran su crecimiento encañándose (Vaz Martins y Messa 2007). Este proceso fisiológico provoca un mejor balance energía: proteína con una relación *CNES PBS<sup>-1</sup>* >1.0 (Elizalde *et al.* 1999, Fernández Mayer y Tomaso 2003 y Stritzler 2008) (tabla 6).

Tabla 5: Resumen de varios trabajos de investigación con CFI en otoño-invierno

<i>Autores</i>	<i>CNES</i> %	<i>PBS</i> %	<i>CNES PBS<sup>-1</sup></i>	<i>GDP</i> (sin granos) (kg cab. <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	<i>GDP</i> (con granos) (kg cab. <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
<b>Baeck 2000</b>	9.9	12.71	0.78	<0.600	Granos de cereal (0.7-1 % PV): 0.7 a 0.8 kg
<b>Méndez y Davis 2003</b>	2.27	16	0.14	<0.550	.....
<b>Méndez et al. 2004</b>	8.69	14.25	0.61	< 0.600	.....
<b>Méndez y Davis, 2006</b>	6.23	10.4	0.60	<0.650	.....
<b>Vaz Martins y Messa 2007</b>	8.5	15.8	0.54	< 0.500	<u>Testigo</u> : 0.577 kg. <u>Grano Maíz</u> (GM) (1%PV)= 0.888 kg. <u>Grano de cebada</u> (1% PV)= 0.746 kg.
<b>Flores y Berdersky 2010</b>	<10.0	>12.0	<1.0	< 0.500	<u>2005</u> : Ensayo Raygrass + lotus <u>Grano Maíz</u> (1% PV)= 0.921 kg. <u>2006</u> : Ensayo Raygrass + lotus <u>Grano Maíz</u> (0.9% PV)= 1.070 kg

Referencias: GDP: ganancia diaria de peso CNES: carbohidatos no estructurales soluble PBS: proteína bruta soluble

Tabla 6: Carbohidratos solubles y proteína bruta soluble en los forrajes frescos (C<sub>3</sub>) en otoño-invierno y en primavera (Fernández Mayer y Tomaso, 2003)

<b>Parámetros</b>	<b>Otoño-Invierno</b>	<b>Primavera</b>
<b>Carbohidratos solubles (CNES % MS)</b>	<b>&lt;10%</b>	<b>&gt; 10%</b>
<b>Proteína bruta soluble –PBS- (% MS)</b>	<b>&gt; 12%</b>	<b>&lt; 12%</b>
<b>Relación CNES PBS<sup>-1</sup></b>	<b>&lt; 1.10</b>	<b>&gt; 1.10</b>

En la Estación Experimental de INTA en Bordenave (Buenos Aires, Argentina), se ha determinado el nivel de *CNES* y de *PBS* de diferentes cereales forrajeros invernales en distintos cortes. La relación *CNES PBS<sup>-1</sup>* varió de 0.21 a 2.91 del otoño a la primavera 2008 (del hemisferio sur), respectivamente (Tomaso 2005). Este comportamiento es especialmente importante en las gramíneas. Mientras que las leguminosas forrajeras son, en general, pobres en *CNES* durante la mayor parte del ciclo de crecimiento (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

### 1.2.1.2.3 Carbohidratos solubles en Forrajes tropicales

Entre los forrajes tropicales con adecuados niveles de *CNES* se destaca el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (8.93 al 17.2% de la *MS*) (Kaiser et al 2001 y Marais 2001). Muscolo *et al.* (2003) coinciden en señalar que en el kikuyo los azúcares solubles consisten, principalmente, en sacarosa con pequeñas cantidades de glucosa y fructosa. Fulkerson *et al.*

(1999) reportan que un poco más del 50% de los *CNE* en el kikuyo están representados por almidones y el restante por azúcares solubles.

En tanto, Juárez *et al* (1999) trabajando con pastos tropicales en la costa del Golfo de México encontraron que el contenido de *CNES* puede alcanzar valores superiores a 15.4% en *Digitaria decumbens* y en *Andropogon gayanus*, hasta valores tan altos como el hallado en *Panicum maximum* vc. Vencedor que fue de 22.3% *MS*.

Falta mayor información sobre la respuesta en producción de carne cuando se utilizan cereales forrajeros “encañados” solos o con bajas proporciones de grano de cereal.

### **I.2.2 Proteínas**

Existen diferentes fracciones de proteína:

- a) la *proteína cloroplástica*, proteína asociada con las membranas, las cuales cambian con la madurez y especie vegetal, nivel y frecuencia de aplicación de *N* (Van Soest 1994).
- b) la fracción de *nitrógeno no proteico (NNP)* que también cambia con la madurez y la fertilización de *N*. Tanto el *NNP* como la fracción soluble de las proteínas verdaderas (cloroplástica) integran la *PBS* (Beever 1993).
- c) c) la *proteína sobre pasante* que escapa a la degradación ruminal, llegando a duodeno sin alterar su composición. Esta proteína *by pass* mejoraría el pool de *AA* que llega a duodeno con *AA* de origen dietario. Todo esto mejora la respuesta animal, especialmente, en vacas lecheras de alta producción (> 30 litros diarios) o animales de carne en pleno crecimiento (terneros o vaquillonas) (Beever 1993).

### **I.2.3 Ácidos Fenólicos**

Los compuestos fenólicos están unidos a los residuos de glucanos y xilanos e incluyen ácido p-coumárico, ácido ferúlico y vainillina. Los principales ácidos fenólicos en los forrajes son el ácido p-coumárico y el ácido ferúlico (Valenciaga y Chongo 2004). Además, los ácidos fenólicos constituyen agentes entrecruzadores en los complejos lignina e inhiben

la utilización de los residuos de carbohidratos asociados a ellos (Ramos *et al.* 1998 y Valenciaga y Chongo 2004).

Aunque algunos de estos compuestos fenólicos, especialmente el ácido p-coumárico, son tóxicos para la población microbiana ruminal (Vadiveloo 2000) su concentración en el contenido ruminal es probablemente insuficiente para generar este efecto. No obstante, su solubilización a partir de las paredes celulares pudiera provocar en las zonas de activa degradación una concentración de fenoles próxima a los niveles tóxicos, por lo que pueden inhibir la actividad fibrolítica bacteriana (Rosales 1996, Adesogan *et al.* 2000).

### **1.2.3.1 Lignina**

La lignina es un polímero fenólico tridimensional con una estructura compleja que no presenta secuencias repetidas, cuyo tamaño no está bien definido y es totalmente indigestible en el tracto digestivo de los rumiantes (Van Soest 1994, Bach y Casalmigia 2006 y Cuaderno de Biotecnología 2009).

La lignificación de la planta es uno de los factores que más afecta a la degradación microbiana de los forrajes, tanto por su indigestibilidad *per se* como a su relación con las cadenas de hemicelulosas. La inhibición de la digestión de la pared es provocada por el contenido de lignina, las variaciones en su composición monomérica y los enlaces intramoleculares fuertes con otros componentes de la pared celular. Esta inhibición varía con los diferentes componentes de la pared, tejidos, especie vegetal y las fracciones morfológicas de la planta (Cherney *et al.* 1986, 1988, Cherney *et al.* 1991, Hatfield 1993 y Ramírez *et al.* 2002 y Sederoff *et al.* 2002).

La lignina afecta la digestibilidad de la *FDN*. Este comportamiento está asociado a los diferentes tipos de enlaces entre la fracción fibrosa y la lignina, como los enlaces cruzados mono y diferulatos, ciclodimeros de p-coumarato y, posiblemente, enlaces cruzados bencil éster y éter (Van Soest 1994 y Cherney 2000). Además, ejerce un efecto directo sobre la digestión total y un efecto indirecto (impedimento físico) limitando el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra. Este efecto indirecto es más evidente en las



gramíneas que en las leguminosas porque poseen una mayor proporción de ácidos fenólicos (Bach y Casalmigia 2006).

### **I.2.3.2 Taninos**

Los taninos comprenden un grupo de compuestos fenólicos que abarcan a los ácidos gálico, p-coumárico y los flavanos de 15 átomos de carbono (Stafford 1988).

Los *taninos hidrolizables* tienen un núcleo compuesto por un glúcido eterificado con ácidos carboxílicos fenólicos. Los llamados *condensados* (proantocianidinas) son polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles (Hagerman y Butler 1991). Ambos grupos de taninos son muy reactivos debido a la gran cantidad de hidroxilos fenólicos que poseen (Reed 1995). Estos son susceptibles a formar puentes de hidrógeno con otras moléculas, especialmente con péptidos, dando lugar a asociaciones reversibles (Pérez-Maldonado *et al.* 1995).

Numerosas especies de animales, entre ellas los vacunos, basan su alimentación en plantas con un elevado contenido en taninos: arbustos, árboles, granos, etc., y en la saliva, de la mayoría de ellos, se ha observado la presencia de proteínas ricas en el aminoácido “prolina” (Robbins *et al.* 1987 a y b). Estas proteínas muestran una especial afinidad por los taninos formando complejos solubles tanino-proteína (Austin *et al.* 1989, Pérez-Maldonado *et al.* 1995 y Pérez-Maldonado y Norton 1996 a y b) que, al contrario de los demás complejos tanino-proteína, son estables en el rango de *pH* de todo el tracto digestivo (Cheeke y Palo 1995), lo que contribuiría a anular el efecto adverso de los taninos en la palatabilidad y, por tanto, en la ingestión del alimento y en el proceso digestivo subsiguiente (Robbins *et al.* 1991 y Cheeke y Palo 1995).

A diferencia de lo enunciado arriba, existen otras asociaciones entre los *taninos condensados* con algunas proteínas exógenas y endógenas, inclusive del tracto digestivo, que formarían complejos taninos-proteínas (*T-P*) que afectarían la digestibilidad de las proteínas entre un 3 a un 15 %. Asimismo, en estos casos se vería afectada la digestibilidad de la *MS* y del Almidón (De León 2005 y García *et al.* 2006).

Un posible medio detoxificador sería el rumen, en el cual se ha identificado una cepa de la bacteria *Selenomonas ruminantium* subsp. *ruminantium* provista de enzimas con actividad taninoacilhidrolasa y, por ello, capaz de crecer en medios con ácido tánico o taninos condensados como única fuente de energía (Skene y Brooker 1995), si bien, es probable que sea necesario un consorcio de microorganismos para metabolizar los taninos (Skene y Brooker 1995). En efecto, el medio ruminal representa un lugar eficiente de destoxificación para un amplio rango de compuestos secundarios de las plantas (terpenos, oxalatos, fenoles, etc.), de modo que la toxicidad de las plantas consumidas por los rumiantes puede ser modificada, significativamente, después de los cambios químicos sufridos por los compuestos potencialmente tóxicos en el rumen (Duncan y Milne 1992 a y b y Domínguez-Bello 1996). Es probable que el mecanismo primario por el que los rumiantes pueden tolerar altos contenidos de taninos en la ración sea mediante la adaptación de los microorganismos ruminales y su capacidad de detoxificar estos compuestos (Smith 1992, Narjisse *et al.* 1995, Silanikove *et al.* 1996 y Sarma *et al.* 2000) siendo, por ello, los rumiantes menos susceptibles que el resto de herbívoros a los efectos perjudiciales de los taninos (Hagerman y Butler 1991).

El contenido de *taninos condensados* en granos de sorgo marrones oscuros varía entre 6 a 14 gramos de tanino por kilo (Domanski *et al.* 1997 y Massigoge *et al.* 2009).

El menor aprovechamiento de las proteínas, especialmente en no rumiantes, habría sido una de las causas del bajo empleo de los *taninos condensados* en nutrición de rumiantes. Sin embargo, en los últimos años se han encontrado una serie de *efectos positivos*, producto de numerosos estudios en Argentina y en otros países (Ramos Morales 2006). Entre ellos se destacan:

- a. El complejo taninos–proteínas es insoluble al *pH* del rumen (4 -7). Sin embargo, dicho complejo es soluble, tanto al *pH* “ácido” del Abomaso o estómago verdadero (< 4) como al *pH* “alcalino” del intestino delgado (> 8) (Pérez-Maldonado y Norton 1996 a y b). Toda proteína dietaria que estuviera acomplejada con taninos “escaparía” a la degradación ruminal llegando “tal cual” a los sitios de digestión (duodeno) (Hales *et al.* 2007), aumentando el flujo de *N* desde el rumen, así como la absorción de la *AA* en el intestino delgado, mejorando la productividad animal

(leche, carne y lana) y reduciendo la producción de metano y la excreción de *N* al medio (Makkar 2003, Ramos Morales 2006 y Gurbuz 2009).

- b. Existen numerosos trabajos que han utilizado diferentes fuentes de taninos condensados: naturales como el obtenido del Quebracho colorado -*Schinopsis lorentzii*- (Pordomingo et al. 2003 y 2007) o el grano de sorgo (Rifell et al. 2004) hasta sintéticos como la Bioquina (Conti et al. 2007) con resultados muy positivos. En algunos casos se ha encontrado una reducción significativa de la carga parasitaria (Min y Hart 2003) hasta aquellos experimentos que han tenido un incremento en la producción de carne o leche ( $P < 0.01$ ), a través de un uso más eficiente de la energía y proteína de la dieta (Flint 1997, Galindo et al. 2001, Da Costa 2003, González 2003, Rifell et al. 2004, Pordomingo et al. 2007, Vaccaro et al. 2007 y Conti et al. 2007)

#### **I.2.4 Sorgos nervadura marrón**

Los sorgos nervadura marrón o *BMR* se caracterizan por poseer menores contenidos de lignina que los sorgos forrajeros o graníferos tradicionales, lo que les daría una mayor degradabilidad potencial a nivel ruminal (Alende et al. 2007). El carácter *BMR* fue descubierto en maíz en la Universidad de Purdue (*EEUU*) en 1926 y en 1978 en sorgo (De León 2005).

La mutación asociada con el carácter de nervadura marrón resulta de un cambio en la actividad enzimática vinculada con el proceso de formación de lignina. Esto resulta en una menor concentración de la misma con el consecuente aumento en la digestibilidad, facilidad de pastoreo y palatabilidad (Giorda 1997, De León 2005 y Giorda 2008). Estudios recientes determinaron que existen tres tipos de mutantes, *BMR-6*, *BMR-12*, *BMR-18* que presentan diferentes comportamientos (De León, 2005). La menor producción de lignina la produce el mutante *BMR-12*, la mayor el *BMR-18* y el mutante *BMR-6* es de comportamiento intermedio (Lazcano 2002 y Suszkiw 2007). En la tabla 7 se observa el comportamiento de un sorgo con y sin gen *BMR*. A partir de estos resultados se puede

especular una mayor respuesta en producción animal (carne o leche) debido a la mejora de la digestibilidad en el sorgo con gen *BMR* (Lazcano 2002).

Tabla 7: Calidad de hojas de sudan (*Sorghum bicolor*) con y sin el gen *BMR*.

<i>Línea</i>	<i>DIVMS (%)</i>	<i>CNES (%)</i>	<i>Pared celular (%)</i>	<i>Lignina (%)</i>
<i>Normal</i>	72.1 <sup>b</sup>	14.2	58.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
<i>BMR</i>	77.3 <sup>a</sup>	15.9	55.3 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>

Letras diferentes muestran significancia (P<0.05)

De León *et al.* 2005, encontraron un resultado similar en ganancia de peso utilizando ensilaje de planta entera de sorgo *BMR* y de maíz (0.990 vs 0.850 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente). Estos autores encontraron un efecto directo del contenido de grano en el ensilaje con la respuesta productiva. Mientras que, De León *et al.* (2004) y De León y Giménez (2008) hallaron que los sorgos nevadura marrón pueden ser una alternativa competitiva respecto a los maíces, sobre todo en zonas donde el cultivo de maíz podría tener alguna limitante de suelo o clima (tabla 8).

Tabla 8: Composición de los ensilajes de maíz y sorgo nevadura marrón.

<i>Cultivar</i>	<i>% MS</i>	<i>% PB</i>	<i>% Digestibilidad</i>	<i>% FDN</i>	<i>% FDA</i>
<i>Sorgo Sunchales BMR</i>	31.12	4.77	65.38	47.21	32.08
<i>Maíz Nevado</i>	31.78	4.93	63.57	53.93	34.68
<i>Maíz Atigrado</i>	37.49	4.77	64.49	53.83	33.37
<i>Maíz Pioneer</i>	35.01	4.63	64.34	54.27	33.58

No se encontraron diferencias significativas entre los cultivares empleados.

El conocimiento de los diferentes parámetros químicos (proteína, carbohidratos estructurales y no estructurales, lignina, taninos, etc.), que influyen en la calidad nutricional de un alimento (digestibilidad de la *MS*), es uno de los factores que nos permite promover el máximo consumo voluntario de *MS*. Además, para hacer más eficiente la transformación de un forraje en carne es necesario conocer diferentes aspectos vinculados con la fisiología de la producción de carne.

### **I.3 Fisiología de la Producción de Carne**

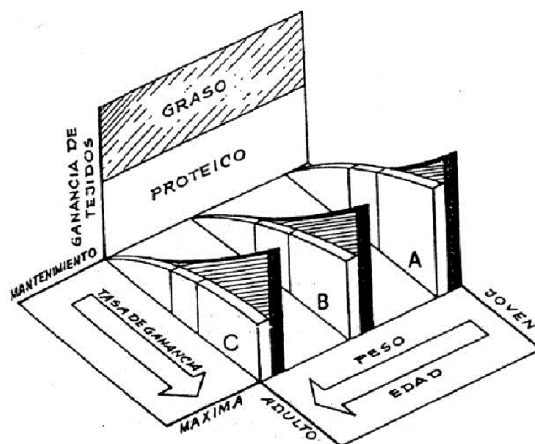
A continuación se analizarán diferentes temas vinculados con el comportamiento fisiológico animal (síntesis y deposición de músculo y grasa) y su relación con la genética (biotipo), sexo, categoría, manejo y la dieta.

### I.3.1 Comportamiento diferencial del Engorde a Corral respecto al Pastoril

#### I.3.1.1. Efecto del Biotipo

El potencial de ceba está en función del “*lean target*”, es decir, su capacidad (o tasa) de crecimiento y acumulación de masa muscular. Este comportamiento está regulado genéticamente y se manifiesta en todo su potencial, siempre y cuando, se den las condiciones óptimas de nutrición, manejo y medio ambiente (Dimarco 1994 y 1998 y Fernández Mayer 1998).

A medida que aumenta el tamaño adulto se incrementa en igual proporción su tasa de crecimiento y se reduce, paralelamente, la tasa de engrasamiento (Dimarco 1994). Existe una deposición diferencial del tejido graso y proteico en la ganancia de peso, de acuerdo, al biotipo, a la tasa de ganancia, al peso y a la edad de los animales. A medida que aumenta la tasa de ganancia, el peso y la edad es mayor la acumulación de tejido graso en el biotipo chico y mediano respecto al grande (figura 7) (Owens *et al.* 1995).



- Animal A: (biotipo grande: Holstein, razas índicas y sus cruzas)
- Animal B: (biotipo mediano: Aberdeen Angus grande, cruzas europeas)
- Animal C: (biotipo chico: Razas británicas y sus cruzas)

**Figura 7: Relación entre la grasa y proteína en la ganancia de peso en función del peso y tasa de la ganancia (Di Marco 1994).**

Las razas británicas y sus cruzas (biotipo chico y mediano), se adaptan muy bien a los sistemas de ceba pastoril con forraje de buena calidad alcanzando altas *ganancias diarias de peso* (0.600 a 1.0 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), por sus menores demandas energéticas que pueden ser cubiertas perfectamente con los niveles en energía (medios) característicos de los

forrajes frescos (Carbón 3) (Dimarco 1994). Un caso inverso ocurre en los sistemas de ceba a corral, donde predominan dietas altas en energía. En estos sistemas, los animales de biotipo chico depositan grasa tempranamente, llegando al peso de sacrificio muy jóvenes y con menos de 320 kg. *PV* por cabeza (Owens *et al.* 1995). Mientras que las razas índicas, continentales y sus cruza (biotipo grande) se comportan mucho mejor en estos sistemas de corral por sus mayores requerimientos energéticos para producir un kilo de carne (Dimarco 1994).

El potencial de crecimiento (*ganancias diarias de peso*) de los biotipos chicos y grandes que se puede alcanzar en todo el período de ceba (destete hasta terminación), siempre y cuando, sean alimentados con un alto plano nutricional varía entre 1.2-1.3 a 1.5-1.65 kg cabeza día<sup>-1</sup>, respectivamente (Dimarco 1994 y 1998). En la ceba a corral, especialmente con biotipos chicos y medianos, es posible alcanzar el potencial de crecimiento descrito en el párrafo anterior, hecho que no ocurre lo mismo en los planteos de ceba pastoril, donde las ganancias medias en la Argentina oscilan entre los 0.400 a 0.600 kg de carne cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Rearte 2003).

### **I.3.1.2 Sincronización Energía-Proteína**

En el rumen, ocurren los primeros procesos digestivos que influirán sobre el comportamiento del animal. Los *AGV* y la proteína bruta microbiana abastecen entre el 70 al 80% de los requerimientos energéticos y entre el 40 al 80% de los requerimientos proteicos de un rumiante, respectivamente (Russell *et al.* 1992).

El crecimiento óptimo de los microorganismos ruminales estará relacionado, primariamente, con la cantidad y tasa de digestión de los carbohidratos en el rumen (Hoover y Stokes 1991, Stock 1997 y Bach *et al.* 1999) y de la disponibilidad de una fuente de *N* apropiada, como amoníaco ( $NH_3$ ), péptidos o amino ácidos (*AA*) (Jonany 1996, Lycos 1996 y Flint 1997). Hasta el momento, se sabe que las grasas no proveen energía para el crecimiento de los microorganismos ruminales. Sin embargo, la eficiencia de crecimiento microbiano puede incrementarse si se emplea a una fuente de grasa “protegida”, p.e. sales de calcio asociadas a grasas (Erdman 1995). Incluso existen *AGV* de cadena corta que

favorecen la celulolisis y, en términos dietéticos, se reporta que en dietas de caña de azúcar la suplementación con pulidura de arroz, precisamente por la componente de grasas que tiene ha favorecido el comportamiento más allá de su aporte proteico incrementando el consumo de caña (Martín 2004).

Varios estudios han demostrado que la alimentación con carbohidratos rápidamente fermentables en rumen, como ocurre con el grano de cebada o maíz con alta humedad – silaje de grano húmedo-, puede estimular la síntesis de proteína bruta microbiana respecto al grano de maíz o sorgo (Broster y Oldham 1988 y Aldrich *et al.* 1993). Sin embargo, aquellas fuentes con carbohidratos rápidamente fermentables pueden producir un descenso brusco del *pH* ruminal afectando la fermentación de los carbohidratos estructurales de la pared celular y el consumo de *MS*. Por debajo de un *pH* 6.0 se afecta la degradación de la *FDN* en rumen (Grant 1994 y Calsamiglia *et al.* 1999), y por debajo de 5.2 se produce una acidosis ruminal subaguda (Cooper y Klopfenstein 1996). Todo esto perjudicará el comportamiento animal (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

Respecto al nivel óptimo de proteína degradable en rumen para proveer una apropiada concentración de amoníaco, no ha sido definido aún con claridad. Hoover y Stokes (1991), sugieren que para no afectar la síntesis de proteína bruta microbiana el nivel de proteína degradable en rumen de la dieta no debiera ser inferior al 10-11% (base seca). Es más, estos autores consideran que para obtener el máximo crecimiento de los microorganismos ruminales el contenido de proteína degradable en rumen debiera oscilar entre el 14 al 15% (base seca).

La tasa de absorción del amoníaco a través de las paredes de los microorganismos ruminales es dependiente del *pH* y de su concentración en rumen. La absorción es rápida a *pH* 6.5 o más alto, declinando a medida que éste desciende, haciéndose nula prácticamente con un *pH* de 4.5. Además, la absorción de  $NH_3$  se incrementa como aumenta su concentración ruminal. Sin embargo, se encontró efectos tóxicos por altas concentraciones de amoníaco cuando éstas superan los 100 mg dl<sup>-1</sup>, con un *pH* ruminal arriba de 8 y una concentración de  $NH_3$  en el plasma sanguíneo cercano a 2 mg dl<sup>-1</sup> (Aldrich 1998).

La tasa de digestión de la proteína de origen dietario varía de acuerdo al tipo de sustrato, (p.e. en las leguminosas, en general, y en los tréboles, en particular, la proteína se degrada en amoníaco, en un alto porcentaje después de 2 a 4 hs de su consumo) (Beever et al 1985 y Gagliostro y Gaggiotti 2002). En tanto la tasa de degradación de los forrajes fibrosos (henos y ensilaje de planta entera) varía de acuerdo al nivel de *FDN*. A medida que se incrementan los niveles de *FDN* se produce un retardo en la digestión del forraje (*lag time*). Con un contenido de 40-50 % *FDN*, la máxima concentración de *AGV* totales, principalmente el  $C_2$ , se alcanza entre las 4 a 8 hs posteriores a ser consumido (Fernández Mayer 2006). Además de los niveles de *FDN* del forraje seco o fresco se debe considerar, en especial, el aporte de fibra físicamente efectiva (*feFDN*<sup>1</sup>) que este realiza.

La *feFDN*, teóricamente, mide la capacidad de un alimento en estimular la secreción de saliva y aumentar el pH ruminal (Bach y Casalmigia 2006). La saliva aporta entre el 30 al 40% del poder buffer del rumen. Esto permitiría una mayor estabilidad en los valores del *pH* a lo largo del día. Estas condiciones mejoran sustancialmente la síntesis de *proteína bruta microbiana*, y en definitiva, permite aumentar la respuesta animal (carne o leche) (Owens et al 1995, Allen 1997 y Oliverio 2010).

Mientras que los granos, responsables de generar principalmente  $C_3$  en rumen, alcanzan los mayores niveles de *AGV*, normalmente, entre las 2 a 4 horas de consumidos. Cuando los granos se suministran “enteros” se degradan a nivel ruminal mucho más lentos que “molidos” (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

La energía metabolizable (*EM*) de un alimento puede afectarse, significativamente, de acuerdo al nivel de consumo. A medida que se incrementa el consumo de *MS* se reduce la *EM* de la ingesta, producto de un aumento en la tasa de pasaje (AFRC 1993). Cuando el abastecimiento de energía es inadecuado, el animal recurre a la fermentación de la proteína verdadera dietaria para generar energía, incrementándose la producción de  $NH_3$ .

(1) Fibra superior a 11.8 mm de largo



Esto provoca una disminución en la utilización del amoníaco y con él, una ineficiencia en el uso de la proteína verdadera dietaria al aumentar las pérdidas de nitrógeno en orina, siendo además muy costoso por el gasto de energía adicional que requiere este proceso de detoxificación (Aello y Dimarco 2004).

Un proceso inverso ocurre en dietas con alta densidad energética, producto de una elevada proporción de granos almidonosos. Con estos suplementos se requiere una menor ingestión de *MS* para satisfacer las demandas en *EM* del animal, debiéndose elevar el contenido proteico de la ración al disminuir el consumo de *MS* total (Santini 2004). La síntesis de proteína microbiana resulta mayor con los almidones de mayor fermentación ruminal hasta un máximo de 25-30% de almidón degradable en el total de la dieta. Por encima de estos valores se ha detectado una inhibición de la proteosíntesis microbiana causada por acidosis ruminal (Sutton 1985 y Sauvant y Van Milgen 1997).

Otro factor importante a considerar en la ceba pastoril es la frecuencia del suministro de los suplementos y fuentes fibrosas, teniendo una influencia directa en las fermentaciones ruminales y éstas en los niveles de *pH* (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

Todos estos procesos fisiológicos y metabólicos se armonizan en la ceba a corral, a diferencia de lo que ocurre en la ceba pastoril, donde toda la ración se mezcla, previamente, (ración total mezclada) en un mixer o comedero y se suministra “ad libitum” durante las 24 horas (Aello y Dimarco 2004). Al abastecer en forma simultánea los diferentes alimentos se logra una mayor sincronización energía: proteína al confluir los distintos metabolitos en sitios claves de digestión. En cambio, en la ceba pastoril no se produce esta sincronización debida, fundamentalmente, porque el animal ingiere los distintos alimentos (forrajes verdes, conservados y concentrados) en diferentes momentos del día (Aello y Dimarco 2004). El conocimiento de todos estos procesos permite mejorar la sincronización de los forrajes y suplementos generando, aún en ceba pastoril, un incremento significativo de la respuesta animal.

### I.3.1.3 Consumo voluntario de la materia seca

El consumo voluntario de materia seca (*CVMS*) varía en función de muchos factores, entre los que se destacan, la característica de la dieta, el clima, el peso vivo, estado fisiológico del animal y al tipo de producción (leche o carne) (Tabla 9 ). En esta tesis se analizará, exclusivamente, los efectos de la característica química de un alimento sobre el *CVMS*.

Tabla 9: Factores que influyen sobre el consumo voluntario

	FACTORES
ANIMAL	Edad y peso Estado de preñez o lactancia Nivel de Producción y condición corporal
AMBIENTE	Temperatura Humedad relativa del ambiente y viento
ALIMENTO	Materia seca (MS) y suplementación energética y proteica Digestibilidad de la MS Factores físicos y metabólicos del alimento Sustitución

Fuente: Cangiano 1997

#### I.3.1.3.1 Efecto del contenido de materia seca de la dieta

El máximo consumo de *MS* en los forrajes frescos ocurre cuando estos alcanzan un nivel cercano al 30% de *MS* (Cangiano 1997). Este autor asocia este comportamiento con el contenido de agua y el gasto energético que se requiere para su eliminación a través de la orina. Además, se observa una mayor tasa de pasaje a medida que se incrementa el contenido de agua en el forraje. Mientras que en los granos, cuyo nivel de *MS* sufre una menor variación, el *CVMS* está más influenciado por otros parámetros, como el nivel proteico y energético del mismo (Cangiano 1997).

#### I.3.1.3.2 Efectos de la suplementación energética y proteica

Debido a las diferentes interacciones y caminos metabólicos que existen en el organismo de los seres vivos en general, y en los rumiantes en particular, no siempre es posible explicar las respuestas productivas que alcanzan los animales. Sin embargo, todos aquellos factores, estrategias de manejo o calidad de los alimentos que permitan mejorar el *CVMS* de los mismos conduce, normalmente, a una mayor respuesta productiva. Este principio tiene

algunas excepciones, y son aquellas que están vinculadas a la variación en la densidad energética o proteica de la dieta (Araujo Febres 2005).

Muchos trabajos encontraron una respuesta lineal positiva y significativa para el consumo de MS a medida que aumentaba la concentración de proteína degradable en rumen (Fernández Mayer 1998). Incluso, se ha observado un incremento en el consumo voluntario, aún, con una concentración proteica del 18% de la MS en la dieta (Fernández Mayer *et al.* 1998 y Forbes 1998). Sin embargo, el consumo se reduciría significativamente con dietas con niveles inferiores al 8% de PB por una menor disponibilidad de N en rumen. Cuando el forraje es deficiente en proteína, el agregado de suplementos proteicos ha sido más efectivo que el grano porque además de mejorar la digestión de la fibra se han registrado aumentos en el consumo de forraje y en la ganancia de peso (Elizalde 2001).

La proteína de los forrajes frescos es altamente degradable en rumen con un promedio del 75-85% para las diferentes especies (Elizalde 2001). En estas condiciones se generan elevadas concentraciones de amoníaco en rumen con el gasto energético (detoxificación) que esto conlleva, que se atenúan al suministrarse granos (Dimarco y Aello 2002). En cambio, cuando se elevan los niveles de carbohidratos no estructurales solubles en el forraje se reduce la necesidad de uso de suplementos energéticos (granos) para balancear la dieta (Aello y Dimarco 2004).

Se ha encontrado que cuando se incrementa significativamente el aporte energético a través de granos de cereales (>30% de la MS total de la dieta), se puede afectar el consumo voluntario. Este comportamiento se debería por una reducción de la fermentación de la fibra, a nivel ruminal, al descender bruscamente el *pH* (< 5.8) afectando la actividad de las bacterias celulolíticas y, además, habría una mayor competencia de los microorganismos por los carbohidratos del grano (Santini 2004).

#### **I.3.1.3.3 Influencia de la digestibilidad de la materia seca de la dieta**

El *CVMS* tiene una correlación positiva a la digestibilidad de la dieta, es decir, al aumentar la digestibilidad se incrementa, proporcionalmente, el consumo voluntario. En los sistemas

pastoriles donde el forraje fresco es el principal componente de la dieta, el consumo dependerá de la digestibilidad de este. A medida que las plantas maduran, aumenta la proporción de pared celular y lignina en los tejidos del vegetal (especialmente, en los tallos) en detrimento de la digestibilidad potencial y la tasa de digestión efectiva. Todo esto trae como consecuencia una reducción del consumo voluntario, tanto de materia orgánica como de materia seca (Aello y Dimarco 2004).

Las especies forrajeras de la región templada (pasturas, cereales de invierno, etc.) tienen durante gran parte del año una alta digestibilidad (>70%), disminuyendo en el verano. En general, el consumo de gramíneas de zonas tropicales es menor que el de las templadas, en un mismo estado de desarrollo. Esto estaría asociado a una menor digestibilidad de las plantas, mayor cantidad de fibra indigestible y mayor tiempo de retención en el rumen (Cangiano 1997).

A medida que se incrementa la proporción de leguminosas en una mezcla con gramíneas aumenta el consumo de MS. Este fenómeno está asociado al nivel de proteínas, al de fibra la digestión del alimento (Cangiano 1997).

#### **I.3.1.3.4 Factores físicos y metabólicos del alimento**

El consumo voluntario de MS de los forrajes depende del tiempo de retención en el rumen, el cual está afectado por factores físicos y metabólicos (Romney y Gill, 2000).

*Factores físicos:* Influyen directamente sobre el volumen del tracto digestivo, alterando la digestión del alimento por una variación en la tasa de pasaje de nutrientes (Rosales y Sánchez 2005). Entre ellos se encuentran:

*\*Estructura de la planta:* El contenido de pared celular de la planta es uno de los factores físicos de mayor efecto en el consumo de forrajes, dado que la fibra es menos soluble, ocupando un mayor espacio en el tracto digestivo y su tasa de degradación en el rumen es más lenta que la de los contenidos celulares. En dietas fibrosas el volumen de los forrajes es lo que primariamente limita el consumo, por una combinación de volumen y tiempo que el

forraje sin digerir permanece en el tracto digestivo (Jung 1997). Sin embargo, se observó que el consumo está limitado por llenado gastrointestinal hasta cierto valor crítico de digestibilidad, más allá del cual la relación entre consumo y digestibilidad se vuelve negativa y controlada por los requerimientos de energía del animal (Rosales y Sánchez 2005).

Los forrajes tienen una gran proporción de su materia orgánica en forma de fibra, lo que les provee integridad estructural. La facilidad con la que los microorganismos del rumen degradan esa fibra, depende de la distribución de las diferentes moléculas (celulosa, hemicelulosa, lignina) dentro de la planta, de los enlaces entre ellas y de su sustitución con compuestos fenólicos (Jung 1997). A su vez, la resistencia a la reducción del tamaño de partícula, factor fundamental en la degradación de fibra, está directamente asociada a la cantidad de fibra presente en los forrajes (Rosales y Sánchez 2005).

*\*Estructura de la pradera:* la estructura de la pradera puede reducir el consumo de forrajes al limitar la cantidad de pasto cosechada por el animal. Características como densidad y altura de plantas, relación hoja – tallo o relación material vivo – muerto, afectan el consumo a través de su efecto sobre la facilidad de la prensión y tamaño de bocado, factores de gran impacto en el consumo de animales en pastoreo (Rosales y Sánchez 2005).

*Factores metabólicos.* No todas las diferencias en el consumo de forrajes se pueden explicar por limitaciones en el espacio del tracto digestivo. Existe una relación directa entre los niveles de fibra (*FDN*) de un alimento y el consumo voluntario del mismo. El consumo de *MS* está regulado, además, por "efecto del llenado físico del rumen" o por un "efecto metabólico". Cuando la dieta alcanza un nivel de 32% de *FDN*, se lo considera como valor medio entre ambos efectos. Por arriba de ese valor el consumo es limitado por llenado físico, afectándose el consumo más marcadamente cuando se suministran dietas con niveles de *FDN* superiores al 60-65%, como es el caso de los forrajes groseros (rollos, algunos silajes, pasturas maduras, rastrojos, etc.) (Rearte y Santini, 1996). Por debajo de aquel valor medio (32% *FDN*) el consumo es limitado por "efecto metabólico". Un ejemplo de ello es cuando se emplea altos

niveles de concentrado (1.5-2.0% del peso vivo), superando valores del 75% de digestibilidad de la MS de la dieta (Rearte y Santini, 1996).

En líneas generales, se considera que para alcanzar una alta respuesta en leche o carne, la proporción de *FDN* de la dieta completa debe ser inferior al 50%. En estas circunstancias, el alimento permanece en el rumen por un período inferior a las 24 horas de consumido, favoreciendo la ingesta del nuevo alimento y con esto, el mayor consumo de materia seca posible (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

#### **I.3.1.3.5 Efecto de sustitución**

Cuando se suplementa con granos de cereales a animales en pastoreo se produce un proceso de sustitución. La sustitución de pasto por grano es mayor a medida que aumenta la calidad del forraje (> 65% de digestibilidad) y en condiciones no limitantes de disponibilidad. Un fenómeno inverso ocurre si el forraje es de menor calidad. Los valores de sustitución en pasturas de alta calidad (digestibilidad de la MS > 65%) varían entre 0.5 a 1.0 kg de forraje sustituido por kg de suplemento consumido. En cambio, en forrajes de menor calidad (< 65% de digestibilidad) la sustitución es de 0.20 a 0.50:1.0 (kg forraje sustituido: kg suplemento consumido) (Aello y Dimarco 2004). Este fenómeno de sustitución no implica una mayor o menor respuesta productiva, debido a que esta respuesta está asociada a la composición química del forraje fresco, al momento de suplementar y a la cantidad y características del suplemento (Aello y Dimarco 2004).

#### **I.3.1.3.6 Patrón de consumo**

Fernández Mayer *et al.* (1998) utilizando “tacógrafos” colocados en la tabla del cuello en novillos británicos registraron, minuto a minuto durante las 24 horas del día, la actividad de los animales en ceba a corral. En este trabajo encontraron, consistentes con otros trabajos realizados en ceba pastoril en INTA Balcarce, el siguiente Patrón de consumo (figura 8):

- a. Los animales, tanto en *ceba a corral* como *pastoril*, comen durante las 24 hs del día siempre que tengan disponible alimentos, en cantidad y calidad. El tiempo destinado al consumo de alimentos varía, entre unos minutos  $hs^{-1}$  a más de 30 minutos  $hs^{-1}$ . Al sumar todos los tiempos se llega a las  $\pm 8$  horas por día (Cangiano 1997).



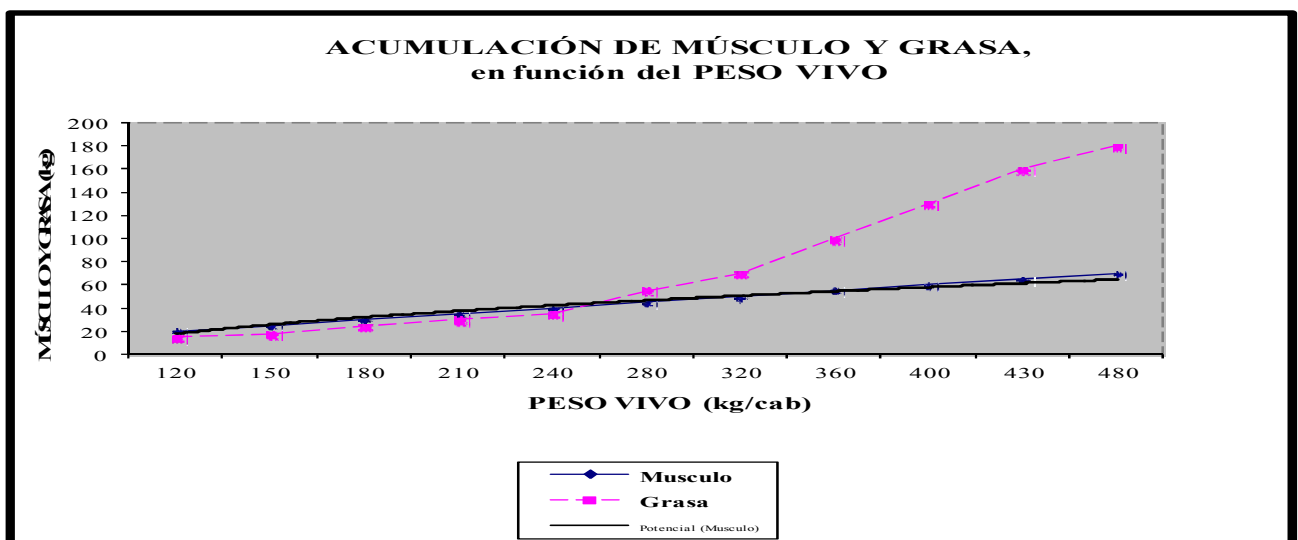
*Figura 8: patrón de consumo en engorde pastoril*

- b. El patrón de consumo varía de acuerdo a la época del año y a la región. En los meses de fuertes calores los animales modifican su patrón de consumo, buscando la sombra a la hora de mayor calor. En estos casos, si se pusiera un comedero con alimentos y agua fresca bajo la sombra se observaría que los animales comen, también, en los momentos de fuertes calores. En regiones templadas frías, durante la primavera, se observó en ceba a corral que en la noche los consumos alcanzaron  $\pm 30\%$  en *MS* del total de la dieta con una alimentación “*ad libitum*”. Sin embargo, si la cantidad o la calidad no son adecuadas habría una reducción en el consumo total de *MS* y con él en la respuesta animal. Este hecho se observa, habitualmente, en los planteos pastoriles. En regiones calurosas (por arriba de los  $32^{\circ}\text{C}$ ) la cantidad de alimentos que pueden comer los animales durante las horas nocturnas puede ascender hasta el 60% del total del consumo diario (Purechena 1999).
- c. Todo alimento no consumido durante la noche, difícilmente se lo hará durante el día siguiente por una restricción física impuesta por el rumen. Cuando el rumen se “llena” y se estiran sus paredes, el animal tiene la sensación de “saciedad”, a través de transmisores “neuropéptidos” que actúan a nivel del hipotálamo del cerebro. En ese momento, el animal restringe el consumo, casi totalmente, aún teniendo comida disponible (Dimarco 1994).

d. En la figura 8 se destacan 2 picos de consumo. En ceba pastoril, estos picos responden a la entrada o salida del sol: el 1º pico y de mayor magnitud ( $\pm 35$  minutos hora<sup>-1</sup>) ocurre a la mañana temprano, 1 a 2 horas *-hs-* después de haber salido el sol. Mientras que el 2º pico de menor magnitud ( $\pm 25$  minutos hora<sup>-1</sup>) aparece al finalizar la tarde, momentos que se pone el sol (Cangiano 1997). Mientras que en ceba a corral el 1º pico, y también de mayor intensidad, ocurre entre 1 a 2 *hs* después de haberse colocado la “nueva” comida. En tanto, el 2º pico coincide al finalizar la tarde similar a la ceba pastoril. Este comportamiento en ceba a corral ocurre cuando se suministra la comida una sola vez al día. Cuando se entrega la comida 2 veces por día, los picos de consumos serán 1 o 2 *hs* posteriores a cada suministro (Fernández Mayer *et al.* 1998). El conocimiento de este comportamiento es de suma utilidad en la ceba pastoril, pues define el momento más apropiado para suministrar los suplementos, buscando la mayor simultaneidad entre ellos y el forraje fresco.

### I.3.2 Efecto de la madurez del animal y la tasa de ganancia.

A medida que el animal aumenta el peso vacío incrementa la cantidad de tejido graso (kg.) en forma cuadrática, mientras que la masa proteica aumenta a una tasa decreciente (Owens *et al.* 1995) (figura 9).

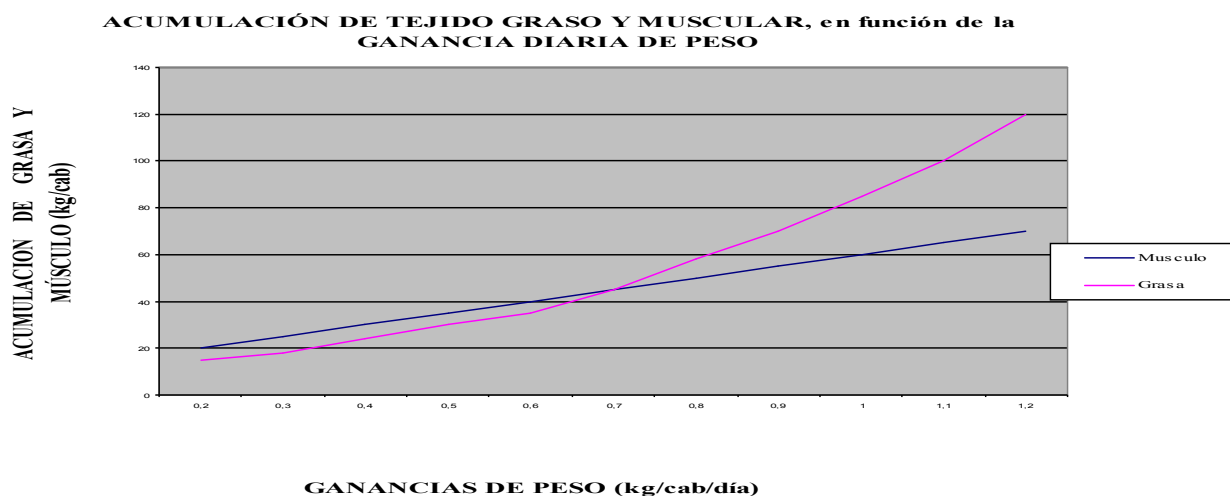


**Figura 9: Depósito de tejido graso y proteico de acuerdo al peso corporal (biotipo chico) Adaptado de Owens et al, 1995**



Varios autores encontraron que los animales jóvenes tienen una mayor tasa de síntesis y degradación proteica que los adultos, es decir, la tasa de recambio proteico decrece con la edad, causado por una reducción de la cantidad total de ácido ribonucleico (*ARN*) por unidad de proteína muscular (Lobley 1993). Esa mayor tasa de recambio de los animales jóvenes hace que crezcan más rápido, requiriendo menor consumo de energía por kg. ganado (al retener más proteína que grasa), teniendo una mayor eficiencia de conversión que los animales adultos (Dimarco 1994).

Similar a lo que ocurre con el aumento del peso vacío, con altas *ganancias diarias de peso*, producto de una alimentación balanceada "*ad libitum*", el vacuno aumenta la acumulación de grasa y proteína, la primera a una tasa creciente y la segunda a una decreciente (Wilkerson *et al.* 1993 y Veira *et al.* 1994). Ello hace que cuanto mayor es el peso o la tasa de ganancia más fácil se logra la terminación del animal. Esto ocurre porque la retención proteica decrece proporcionalmente a medida que aumenta la ganancia de peso, hasta llegar a una ganancia o a un peso adulto, a partir del cual la acumulación de tejido proteico se hace casi nula (la degradación iguala a la síntesis de proteína), es decir, en esos momentos habría solo retención de tejido graso (figuras 9 y 10) (Dimarco 1994).



**Figura 10: Depósito de tejido graso y proteico de acuerdo a la evolución de la ganancia diaria de peso (biotipo chico). Adaptado de Owens et al, 1995**

### **I.3.3 Efecto del sexo y la raza**

El sexo influye en el crecimiento de los tejidos corporales y, por lo tanto, afecta la composición de la res, la distribución de la masa proteica y grasa dentro de esos tejidos (Owens *et al.* 1995).

Las hembras tienden a entrar en la fase de engrasamiento a pesos más bajos que los machos castrados, y estos últimos a pesos más bajos que los toros. Llegando las hembras al estado corporal óptimo de faena con menores pesos que los novillos y estos, a su vez menores que los toros (Aello y Dimarco 2004). Este comportamiento está influenciado por los *andrógenos* (propio del macho entero) que estimulan a receptores específicos favoreciendo la liberación de la hormona de crecimiento. La cual promueve la acumulación de proteína (músculo) en detrimento de la grasa (carne magra), aumentando el tamaño maduro o adulto. Todo este proceso está regulado por el ácido desoxirribonucleico (*ADN*), el cual es afectado por el peso vivo, el estado fisiológico, el estado nutricional y el tipo de tejido (Dimarco 1994).

Los biotipos (chicos o grandes) difieren en el peso al cual se inicia la etapa de engrasamiento y, probablemente, difieren también en la velocidad a la que depositan la grasa durante esta etapa de engrasamiento. Este comportamiento está asociado al ímpetu de crecimiento propio de cada biotipo, el cual, también está controlado por el *ADN* (Dimarco 1998). Además, se encontró una interacción entre el genotipo y la nutrición. Se observó un efecto más pronunciado de la nutrición sobre el depósito de grasa en los animales de madurez temprana. Los cuales son altamente propensos a engrasarse (Dimarco 1994). El mayor efecto de la raza y del sexo se observa sobre la grasa subcutánea más que en los otros depósitos grasos (intramuscular, internas, etc.) (Dimarco 1998).

### **I.3.4 Eficiencia y acumulación del tejido graso y proteico (músculo)**

Se considera terminado un animal cuando alcanza un nivel de engrasamiento entre 20 a 22% de grasa en la canal. Comercialmente se evalúa el grado de terminación, en los biotipos chicos (razas británicas), en función del depósito de grasa subcutánea medido a la altura de la costilla 12 y 13 (Dimarco 1994).

La eficiencia de retención del tejido magro es inferior al del tejido graso, siendo aproximadamente 8-9% y 20-25% respectivamente, dicho en otras palabras, por cada 1000 gramos de tejido magro sintetizado se degrada 910-920 gramos, el resto se retiene (80-90 gramos) mientras que de cada 1000 gr. de grasa sintetizada, se degrada 700-750 g reteniéndose 200 a 500 gramos (Dimarco 1994).

### **I.3.5 Efecto de la composición de la dieta**

El consumo de energía de un animal controla tanto la tasa como la composición de la ganancia. Este consumo estaría regulado por el ambiente ruminal (presión osmótica, concentración y absorción de *AGV*), por la absorción de nutrientes (especialmente los *AA* y los *AGV*) y por la utilización de esos nutrientes (incremento de calor) (Owens *et al.* 1995). Además, la eficiencia de utilización de la *EM* para crecimiento dependería de la composición de la ganancia. De acuerdo a numerosos trabajos en este tema, se acepta que la eficiencia de utilización de la *EM* consumida para retener lípidos es mayor que para retener proteína (aprox. 77 y 47 % respectivamente) (Aello y Dimarco 2004). Esto es debido a que los lípidos tienen una baja tasa turnover, con un menor gasto energético que las proteínas (Aello y Dimarco 2004).

Asimismo, como proporción de la ganancia del peso vacío, la tasa de deposición proteica, fue menos afectada por el consumo de energía que la grasa (Anderson *et al.* 1988 y Webster 1989). Por ello, cuando se limita el consumo de energía, se altera la composición corporal, lo que provocaría un aumento en el tamaño maduro. (Delfino y Mathison 1991)

Se encontró que los sitios de síntesis de grasa se alteran de acuerdo al nivel de glucosa en sangre, aumentando la síntesis a nivel intestinal cuando hay escasez de ella, esto explicaría porqué un incremento de almidón al intestino mejora la terminación en vacunos (Stritzler y Gíngins 1983 y Owens *et al.* 1995). Este mayor aporte de almidón, podría obtenerse con el uso de granos como el maíz y el sorgo, que tienen una menor degradabilidad a nivel ruminal llegando una mayor proporción de almidón a duodeno (25-30%) (Aello y Dimarco 2004).

Además, las dietas con alta proporción de concentrados tienen un mayor coeficiente de engrasamiento ( $K_f$ ) que las dietas con alta proporción de forraje ( $K_f$  0.60 y 0.30 respectivamente). Esta menor eficiencia de utilización de la  $EM$  de las dietas con forraje, está dado por un menor consumo voluntario y una mayor proporción  $C2:C3$ , aumentando las pérdidas de energía como calor (Dimarco 2004). Por otro lado, para que ocurra la lipogénesis, se requiere de compuestos como el alfa-glicerol fosfato y acetatos, (quienes generan el ácido malónico y estos a los ácido grasos). Además, se requieren equivalentes reducidos ( $NADPH$ ) producidos en el ciclo de las pentosas. Todos estos compuestos son producto del metabolismo de la glucosa, siendo el almidón el principal abastecedor de este carbohidrato, por hidrólisis o por gluconeogénesis. Debido a la alta concentración de almidón en los granos, es lógico deducir, que a medida que se incrementa la proporción de los granos en la dieta se incrementa también la tasa de engrasamiento en el vacuno. Sin embargo, si se produce un exceso de  $ATP$ , por una muy alta ingestión de granos, se podrían reducir los  $NADPH$  para la síntesis de grasa. Alterando la tasa de recambio lipídico y reduciéndose la tasa de acumulación de grasa (Owens *et al.* 1995).

Las dietas que suministran un mayor nivel de  $AA$  a duodeno (proteína dietaria y microbiana) mejora el consumo de alimento y la utilización de los productos de la fermentación ruminal de forrajes groseros. En consecuencia, podría aumentar la ganancia de peso y la retención de grasa (Dimarco 1994). Sin embargo, Aharoni *et al.* (1995) trabajando con dietas isoenergéticas (2.87 Mcal  $EM/kg$  MS) con alta proporción de granos (cebada y avena) y distintas fuentes proteicas (harina de soja, harina de pescado, harina de carne y hueso urea) y en 2 niveles (12 y 14.5 %) encontraron en novillos británicos, que ni el nivel ni la degradabilidad ruminal de la proteína dietaria afectó la composición de la ganancia de peso.

Mientras que dietas hiperproteicas pueden tener un efecto negativo en la ganancia de peso y en la retención de grasa, al aumentar el tejido visceral y hepático, incrementando el costo energético de mantenimiento (Dimarco 2004). Además, aumenta el nivel de amoníaco ruminal que puede afectar negativamente la liberación de insulina y el metabolismo de la glucosa, junto a una disminución de la energía metabolizable del alimento, debido a un aumento de las pérdidas energéticas por excreción de urea (Fernández *et al.* 1990). Sin embargo, en el trabajo

de engorde a corral, realizado por Fernández Mayer *et al.* (1998) con novillos británicos, alimentados con ensilaje de maíz y distintos niveles proteicos (12,15 y 18% *PB*) aportados por la harina de girasol, no se observaron efectos negativos de los niveles proteicos dietarios ni del nivel de amoníaco en el líquido ruminal sobre la ganancia de peso ni sobre el engrasamiento.

La respuesta productiva debe estar acompañada de un resultado económico positivo, cuyos costos de producción sean los menores posibles, y de esa forma, las tecnologías y estrategias disponibles podrán mejorar la viabilidad de dichos sistemas.

#### **I.4 Evaluación económica de los sistemas ganaderos**

La estabilidad de los sistemas ganaderos está asociada con la sostenibilidad de los indicadores productivos en el tiempo y con el resultado económico-financiero de la empresa. En la medida que esto ocurra, es posible hacer una mejor asignación y utilización de los recursos eficientemente para obtener el máximo de utilidades (Cino *et al.* 2001, Elizalde 2001, Delgado 2006, Cino 2007 y Oliverio 2010). Aún cuando se logre una respuesta biológica aceptable de una tecnología, se requiere que el impacto de ella dentro del planteo ganadero genere un resultado económico-financiero apropiado para las tomas de decisiones efectivas y tecnológicamente viables que garanticen la competitividad de los sistemas productivos (Vergara 2008 y Díaz Castillo *et al.* 2008).

Al trabajar con costos normalizados se contribuye al control de la gestión, a la medición de su eficiencia, economía y facilita el análisis de la eficacia. El costo normal es el que se debe alcanzar administrándose eficientemente los recursos naturales, humanos y de capital que dispone en un momento un establecimiento (Remondino y Garino 2004). Cuando se evalúan diferentes sistemas productivos, desde el punto de vista económico-financiero, uno de los mejores indicadores normalizados es el **costo directo marginales de producción** que permite evaluar a una tecnología determinada, independiente del tamaño o infraestructura de la finca (costos directos de producción= precio de alimentos + personal + sanidad para producir un kilogramo de carne), que permite evaluar el impacto real de los costos directos que afectan a esa tecnología (Fernández Mayer y Delgado 2009, Martínez Ferrario 2010). De esa forma, es posible hacer comparaciones horizontales entre costos

directos de producción de diferentes tecnologías (Delgado 2006, Fernández Mayer y Delgado 2009 y Resch 2010).

## **I.5 Conclusiones**

Las características propias de la producción ganadera, el mercado (consumidor y proveedor de insumos y servicios) y el ambiente determinan el tipo de animales a cebar, el peso de sacrificio, el manejo y la alimentación. Si bien la composición final de la res está influenciada por varios factores (madurez del animal, raza, sexo, etc.), la dieta es uno de los más accesibles de manejar y con un fuerte impacto en la producción de carne.

Ni los niveles ni la fuente de proteína afectarían la tasa de engrasamiento ni ningún otro parámetro de la composición de la canal. Por el contrario, un exceso en los niveles proteicos de la dieta podría tener un efecto negativo sobre las características físico -químicas de la ganancia. En cambio, habría una correlación positiva entre el consumo de energía (aportados por los granos básicamente) y el nivel de engrasamiento del animal, especialmente la subcutánea y marmolado que es la última en depositarse. Cuando los animales alcanzan una alta tasa de crecimiento provocado por efectos de una dieta rica en energía y proteína, el contenido de grasa de la canal se incrementa, resultando animales con buen grado de terminación pero con menores pesos de faena, al menos esto ocurre con vacunos de madurez más temprana (biotipos chicos y medianos –razas británicas-).

El verdadero impacto en los sistemas ganaderos, sólo se puede medir, a través de la evaluación de sus indicadores económicos, ecológicos y sociales, porque ellos determinan la eficacia y eficiencia tecnológica y la predicción del nivel de adopción. En resumen, todos los factores analizados en esta revisión (composición de los alimentos, características de los alimentos, sus efectos sobre la fisiología de la producción de carne y el rol del costo directo de producción) permiten orientar las estrategias de mejora buscando una mayor viabilidad de los sistemas reales de producción de carne.

## CAPÍTULO II

### II. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### **II.1 Características del área de impacto de los sitios experimentales**

La región bajo estudio está cubierta totalmente por sedimentos eólicos recientes conocidos como “loess pampeano”. Su textura franca en la mayor parte de la superficie (30% de arcilla y 35% de limo), se vuelve franco-arenosa hacia el oeste en transición hacia otras unidades geomorfológicas (13% de arcilla y 11% de limo). Estos sedimentos descansan sobre una potente costra calcárea regional de extensión regional que aparece a profundidades variables.

El paisaje es plano a suavemente ondulado. En los bajos se incrementa la profundidad a la costra calcárea (1 a 1.5 m), mientras que en las lomadas esta se aproxima a la superficie, aflorando en sectores. Las depresiones importantes están ocupadas por lagunas o salitrales. Hacia el oeste aparecen cordones medanosos de escasa altitud.

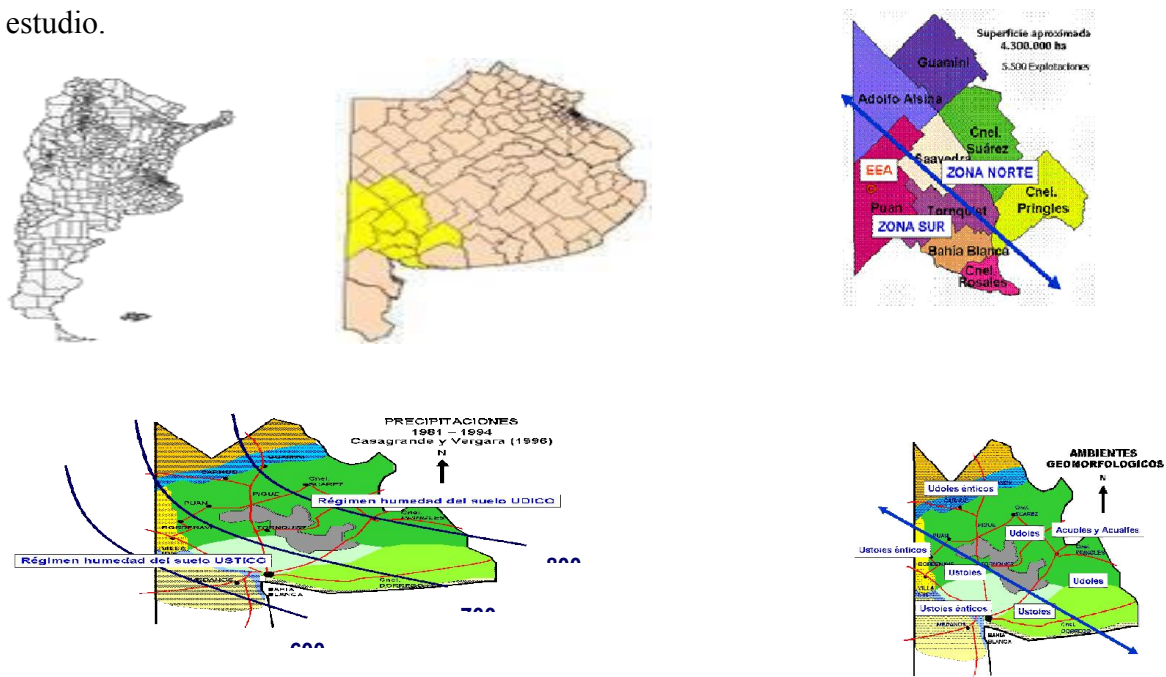
#### **II.1.1 Partidos donde se ubican los Trabajos Experimentales**

- ❖ Partido de Guamini: Bonifacio y Campo experimental Cesareo Naredo (INTA Bordenave)
- ❖ Partido de Puán: Villa Iris y EEA INTA Bordenave
- ❖ Partido de Bahía Blanca: Cabildo
- ❖ Partido de A. Alsina: Carhué ~Chacra del Ministerio de Asuntos Agrarios~.

La región donde se realizaron los trabajos experimentales ocupa una superficie de 4.300.000 hectáreas, alrededor del 15% de la superficie de la provincia de Buenos Aires, con 5.500 explotaciones agropecuarias y reúne el 38% de las cabezas de ganado vacuno de dicha provincia.

Los suelos zonales pertenecen al orden *Molisoles*. El régimen climático establece diferencias a nivel de suborden: *Udoles* y *Ustoles* que se ubican al norte y sur, respectivamente de la isohieta de 700 mm anuales que divide a la región. La granulometría del material original y el clima determinan la clasificación a nivel de gran grupo y

subgrupo, predominando los *Hapludoles énticos* y *típicos* en Bonifacio, Naredo y Carhué y los *Haplustoles énticos* someros en Bordenave y Villa Iris con tosca calcárea a profundidad variable (40 cm hasta la superficie), lo que limita seriamente el desarrollo radicular de los vegetales. Los suelos más desarrollados aparecen hacia el Este, *Haplustoles* y *Argiudoles típicos* muy someros en Cabildo. Los contenidos de carbono orgánico del horizonte superficial de estos suelos varían de acuerdo con el clima y la granulometría de los materiales. Valores de referencia son: 2 a 3 mg g<sup>-1</sup> (Cabildo) y 0.5 a 1.5 mg g<sup>-1</sup> en las restantes localidades. Los contenidos de fósforo extractable son sensibles a las características de los sedimentos, resultando más ricos los depósitos arenosos del oeste, aunque el manejo de los suelos ha influido notablemente los contenidos originales. Valores de referencia son: 8-10 mg kg<sup>-1</sup> (Cabildo, Bordenave y Villa Iris), 10-15 mg kg<sup>-1</sup> (Carhué) y 15-20 mg kg<sup>-1</sup> (Bonifacio y Naredo). El pH en agua aproximadamente neutro, con rangos entre 6 y 7 en el horizonte superficial, suele aumentar en profundidad en virtud de la concentración creciente de CO<sub>3</sub>Ca (Proyecto PNUD ARG 85/019- INTA. 1989). En la figura 11 se presentan los mapas de la región donde se sitúan los trabajos experimentales en estudio.



**Figura 11: Sitios de los Trabajos Experimentales, Buenos Aires (Argentina)**

En términos climático, en la década del 2000 se observó una importante disminución en los registros pluviométricos (633.1 mm) comparados con las décadas '80 y '90 (848.35 mm)



(-34%), similar a los registros históricos del 1911 a 1979 (figura 12). A su vez, los meses de mayo a agosto se caracterizan por tener lluvias muy escasas (inferiores a los 80 mm). Toda esta situación influyó negativamente en los resultados de todas las actividades productivas (cultivos de cosecha fina, producción de forrajes y siembras estivales).

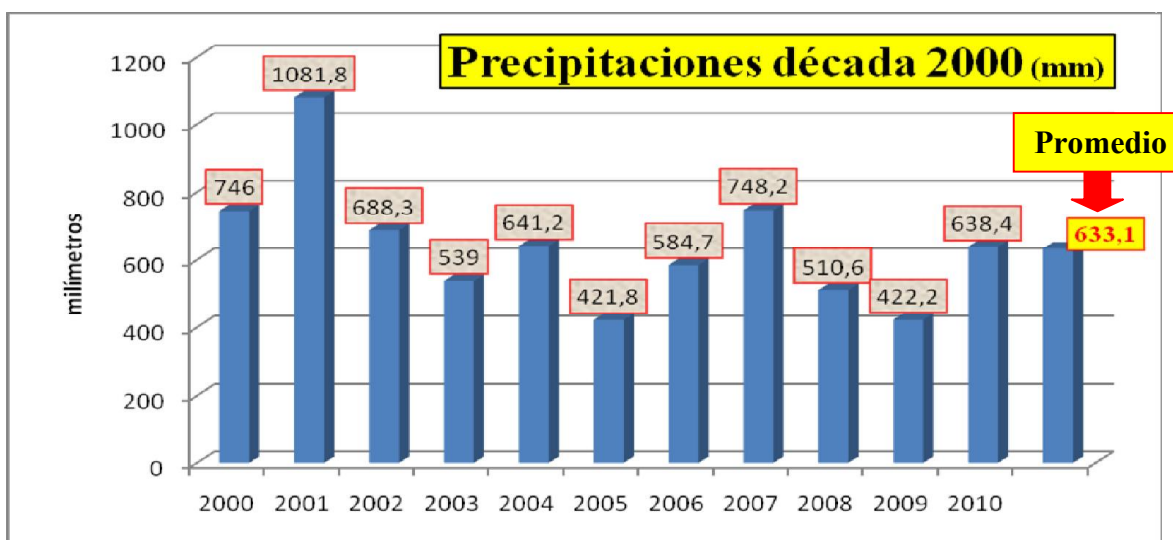


Figura 12: Precipitaciones de la década del 2000 en la región experimental (en mm)

## II.2 Materiales y métodos generales

### II.2.1 Técnicas de muestreo y análisis de laboratorio de parámetros nutricionales

La extracción de muestras de forrajes frescos, conservados y concentrados para realizar los análisis químicos correspondientes respondió a la metodología descrita por Dulau 2007 y Fernández Mayer *et al*, 2010:

- ❖ **Forrajes frescos:** se aplicó la técnica de muestreo manual (*hand-plucking*), en 10 sitios determinados al azar haciendo una transecta en cada potrero en estudio. El muestreo se hizo cada 30 a 35 días de intervalo. En cada sitio se extrajeron 5 submuestra sitio<sup>-1</sup> cortando el forraje con la mano a la altura que se consumió por los animales (15 - 25 cm, según experimento) y respetando el remanente que era dejado por ellos. Las 5 submuestras sitio<sup>-1</sup> se mezclaron haciendo un *pool* ( $\pm 1.0$  kg MV muestra<sup>-1</sup> sitio<sup>-1</sup>) y cada una de las 10 muestras (sitio) se colocó en bolsa de nylon con la identificación correspondiente y se conservó en una heladera *-freezer-* (-5°C) hasta llegar al laboratorio.

- ❖ Forrajes conservados: el muestreo de los sorgos diferidos y henos se realizó siguiendo el método de muestreo manual de 10 submuestras extraídas al azar, por cada forraje conservado, para confeccionar una muestra compuesta (*pool*) por material de 1.00 kg tal cual muestra<sup>-1</sup> para su posterior análisis. El muestreo se hizo cada 30 a 35 días de intervalo. En todos los casos, se enviaron al laboratorio 5 muestras compuestas (*pool*) por cada material (diferido o heno). La conservación del material después de la extracción fue similar al de los forrajes frescos.
- ❖ Concentrados: se extrajeron 5 muestras al azar de 0.500 kg tal cual muestra<sup>-1</sup> de cada suplemento utilizado y se pusieron en bolsas de nylon con la identificación correspondiente.

El análisis químico-bromatológico de todas las muestras fue realizado en el laboratorio de *INTA* Bordenave (Buenos Aires, Argentina), a través de las siguientes técnicas:

- ❖ Materia seca (MS): Estufa a 60°C hasta peso constante (AOAC, 1995) y molido con Molinillo Wylley.
- ❖ Proteína bruta o cruda (PB): Técnica nitrógeno total – semi-micro kjeldahl. (N total x 6.25). (AOAC 1995).
- ❖ Proteína soluble (PBS): Técnica de nitrógeno soluble a través del TCA (tricloro acético) (AOAC 1995).
- ❖ Digestibilidad in vitro de la materia seca (DMS): Técnica de digestibilidad in-vitro (Tilley y Terry 1963 Modificado. Método de acidificación directa, Ankom Technology 2008)
- ❖ Energía Metabolizable (EM): La EM en Mega Julio se calculo según las fórmulas presentadas por García-Trujillo y Pedroso (1989).
- ❖ Carbohidratos Solubles (CNES): Método Antrona, Silva *et al* 2003.
- ❖ Almidón: AOAC 1995. Method 996.11 Method No. 168. Enzimas: amilogucosidasa alfa. Método de la amilasa.
- ❖ FDN: Van Soest *et al* 1991 (con equipo ANKOM)
- ❖ LDA: lignina en detergente ácido, de Goering y Van Soest (1970).
- ❖ Taninos: Método Folin Ciocalteu (Makkar 2003)

## II.2.2 Manejo de los animales y del pasto

- ❖ Animales: En todos los trabajos se emplearon animales de raza británica (Aberdeen Angus y Shorthorn) y diferentes categorías: becerros y novillos.
- ❖ Manejo del pasto: se realizó a través de parcelas variables de acuerdo a la disponibilidad de forraje con cambios diarios o cada 2-3 días con alambrado eléctrico, ajustado a las características del experimento. La oferta de pasto fue variable para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales en estudio (Gallego 2010). Los animales estuvieron pastoreando los diferentes forrajes durante las 24 hs del día (sin encierre nocturno).
- ❖ No se suministraron anabólicos.

En la tabla 10 se describe el estatus de los animales previo al inicio de cada ensayo.

Tabla 10: Estatus de los animales previo al ensayo

Experimento	Edad al inicio (días del nacimiento)	Dieta previa	Estado corporal
I	±180	Alimentación al pie de la madre (leche + pastura)	Muy bueno
II	±250	Sorgo forrajero (tipo sudan)	Muy bueno
III	±450	Pastura mixta (alfalfa y gramíneas)	Muy bueno
IV	±360	Sorgo forrajero (tipo sudan)	Muy bueno
V	±180	Alimentación al pie de la madre (leche + pastura)	Muy bueno
VI	±210	Alimentación al pie de la madre (leche + pastura)	Muy bueno

### II.2.3 Mediciones e indicadores físicos

- ❖ Calidad nutricional de los forrajes y concentrados (CN): se realizó el perfil químico-bromatológico de los alimentos según determinaciones citadas en II.2.1.
- ❖ Producción de forraje: con el objetivo de medir la disponibilidad de forraje ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) se arrojaron al azar 10 aros metálico (submuestra) de 0.57 de radio por aro (total  $10 \text{ m}^2$  muestreo<sup>-1</sup>), a lo largo de una transecta en cada potrero en estudio y se cortó el forraje con tijera a 20 cm de altura del suelo y con un intervalo entre corte de 25 a 30 días –previo a cada pastoreo-. Al forraje de cada submuestra se lo secó en estufa a 60°C hasta peso constante para determinar el porcentaje de *MS*. A los valores obtenidos se los llevó a  $\text{kg. MS ha}^{-1}$  (Trasmonte 2002).
- ❖ Asignación de forraje (Af): representó el forraje que se le asignó a cada animal en función de sus requerimientos y la disponibilidad de pasto. Se expresó en  $\text{kg. MS cada } 100 \text{ kg. PV día}^{-1}$  (Romera *et al.* 2008 y Ferragine 2009).
- ❖ Consumo de MS (CMS): El consumo de *MS* se estimó por diferencia entre disponibilidad y remanente, ajustado por el nivel de *MS*, arrojando al azar 10 aros metálico (submuestra) de 0.57 de radio por aro (total  $10 \text{ m}^2$  muestreo<sup>-1</sup>). En cada potrero en estudio se realizó una transecta y el forraje se cortó con la mano, simulando el tipo de corte que hacen los animales (hand-placking), respetando el remanente que era dejado por los mismos. Para medir consumo se muestreó cada 30 a 35 días de intervalo, según experimento (Gallego 2010).
- ❖ Ganancia diaria de peso (GDP): a través de pesadas periódicas, con básculas mecánicas, cada  $\pm 30$  días, con excepción de pesadas a menores intervalos (12-15 días) para aquellos trabajos cuya duración fue inferior a los 90 días. Los animales fueron pesados sin ayuno previo. El horario de las pesadas se mantuvo constante.
- ❖ Producción de carne (PC): se expresó como los kilogramos producidos por hectárea durante el período de cada experimento (Fernández Mayer 2001). La *PC* surge de la siguiente ecuación:  
$$PC = \text{carga animal (cab. ha}^{-1}) \times GDP (\text{kg. cab.}^{-1} \text{ día}^{-1}) \times \text{duración del ensayo (días)}$$
- ❖ Eficiencia de conversión (ECv): es el cociente entre el consumo diario de *MS* y la ganancia diaria de peso media, expresados en  $\text{kg de alimentos kg producido}^{-1}$ .

#### II.2.4 Análisis estadístico

En cada experimento se especificarán los procedimientos estadísticos utilizados. El procesamiento de los datos se realizó utilizando el software estadísticos SPSS 2006 sobre Windows (2006). Los parámetros químicos de los alimentos utilizados fueron analizados estadísticamente a través del SAS/STAT 2005, a través del procedimiento GLM. Se aplicó la modelación matemática para analizar el comportamiento de diferentes indicadores. Los modelos de mejor ajuste se seleccionaron mediante los criterios estadísticos, coeficiente de determinación ( $R^2$ ), nivel de significación de los parámetros y del modelo completo, cuadrado medio del error ( $CME$ ), métodos de estimación Mínimos Cuadrados para el modelo lineal y Levenberg-Marquardt (2009) para los modelos no lineales e in-correlación de los residuos, a través de Durbin-Watson (DW) (Guerra *et al.* 2003 y Fernández 2004). Las variables analizadas fueron Peso Vivo y Ganancia en cada etapa. Se realizaron las gráficas de las variables  $PV$  contra la edad y de los residuos.

Se utilizaron los siguientes modelos para estudiar el crecimiento de los seres vivos, debido a su buen comportamiento para evaluar a dicho parámetro (Torres et al 2009).

\*Lineal:  $PV = \alpha + \beta$  (pesajes)      \*Cuadrático:  $PV = \alpha + \beta$  (pesajes) +  $\gamma$  (pesajes)<sup>2</sup>

\*Logístico:  $PV = \alpha / (1 + \beta * \exp(-\gamma * \text{pesajes}))$  \*Gompertz  $PV = \alpha * \exp(-\beta * \exp(-\gamma * \text{pesajes}))$

En todos los casos los animales utilizados para realizar los estudios estadísticos fueron seleccionados al azar.

#### II.2.5 Análisis económico

En todos los trabajos se determinaron los *Costos directos marginales de producción (CP)*, como parte de un Presupuesto Parcial que se realizó para independizar los costos directos “variables” según la tecnología aplicada de aquellos costos indirectos (estructura, capital animal, capital tierra, mantenimiento, amortizaciones, inversiones, etc.) que son propios de cada Explotación o Empresa Ganadera. De esta forma, se puede evaluar una tecnología determinada sin que se vea afectada por la infraestructura de cada finca (número y estado de las maquinarias agrícolas, número de personal, retiros empresariales, etc.) (Delgado 2006, Fernández Mayer y Delgado 2009, Oliverio 2010 y Martínez Ferrario 2010).

Además, los *Costos Directos de Producción*, a través del método de los Presupuestos Parciales, permiten hacer una comparación horizontal de los *costos directos de producción* de las diferentes tecnologías. De esta manera, se pueden extrapolar dichas tecnologías a cualquier finca, siempre que se repitan las condiciones básicas del ensayo (o tecnología) (Delgado 2006, Fernández Mayer y Delgado 2009 y Oliverio 2010).

Los *Costos directos de producción* surgen del cociente entre los costos directos de alimentación (forrajes frescos, conservados y concentrados), personal y sanidad respecto a la producción total de carne obtenida por hectárea durante el experimento (tecnología) y se expresa como USD kg producido<sup>-1</sup> (Delgado 2006). Para elaborar los *CP* se consideraron los valores medios (últimos 10 años) del mercado Argentino.

Dentro de los costos directos “variables” de los diferentes forrajes (frescos o conservados) y de los concentrados se incluyen todos los costos inherentes a la tecnología aplicada para producir dicho recurso (laboreos, semillas, agroquímicos, fertilizantes, ensilado, henificado o cosecha, insumos para su aprovechamiento como el alambrado eléctrico, alambre fijo internos, etc.) (Resch 2010 y Oliverio 2010).

## CAPÍTULO III

### III. TRABAJOS EXPERIMENTALES

A continuación se presentan los 6 trabajos experimentales agrupados en 3 ejes o líneas de investigación caracterizadas por un componente común: en el primer eje se destacan los efectos de los carbohidratos solubles de los cereales forrajeros de invierno “encañados” sobre la producción de carne; en el segundo la respuesta animal (*ganancia diaria de peso*) a los sorgos *BMR* en diferentes variantes (frescos y diferidos) y en el tercer eje el comportamiento animal a los granos de sorgo con altos niveles de taninos condensados.

#### 1° Eje experimental

##### ***III.1 Efectos de los carbohidratos solubles de los cereales forrajeros “encañados” con y sin granos de cereal en bajas proporciones sobre la producción de carne***

En los últimos años, en Argentina y Uruguay, se evaluó el comportamiento animal (ganancias de peso) asociado a las características nutricionales de los diferentes cereales forrajeros invernales. Todos los trabajos de investigación concluyeron que utilizando exclusivamente *cereales forrajeros*, en otoño-invierno, las *ganancias diarias de peso* son bajas (0.300 a 0.500 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) (Baeck 2000, Garcilazo, 2007 y Stritzler, 2008), y que la única forma de elevarlas es agregando granos de cereal en niveles superiores al 0.7% del *PV* (Vaz Martins y Messa 2007).

Una de las explicaciones de este comportamiento, especialmente en países de clima templado, esta dado por los bajos niveles de *CNES* (< 10% base seca) y la alta proporción de *PBS* (> 12% base seca) que se encuentran en estos forrajes en esa época del año. Este desbalance provoca bajas *ganancias diarias de peso* y se ve agravado por la falta de fibra y el alto contenido de agua que tienen, tanto los *cereales forrajeros de invierno* (avena, triticale, centeno, cebada y trigo) como las pasturas polifíticas (a base de alfalfa y gramíneas y los ray grasas anuales o perennes) (Elizalde y Santini 1992 y Remondino y Garino 2004).

Sin embargo, cuando las plantas comienzan a encañarse (etapa Z 1.5 a Z 2.3 Zadoks *et al* 1974 y FAO 2010 -figura 5-) se incrementa la concentración de *CNES*, especialmente en los tallos (Della Valle *et al.* 1998, Muscolo *et al.* 2003 y Taweel *et al.* 2005). Se considera el inicio del encañazón, aproximadamente a partir de la 5<sup>ta</sup> a 6<sup>ta</sup> hoja dependiendo de la especie, observándose el 1<sup>er</sup> nudo detectable en la base del tallo. Esta mayor concentración energética del forraje permitiría obtener mayores ganancias de peso y alta tasa de engrasamiento.

#### I° Trabajo experimental

##### ***III.1.1 Ceba de becerros británicos con cereales forrajeros invernales encañados sin grano de cereal en suelos agrícolas***

En zonas con muy buena aptitud agrícola de la región pampeana (Argentina) la ganadería fue desplazada a sitios marginales (suelo y clima) por el avance de cultivos productores de granos (cereales y oleaginosos) (Rearte 2010). Para mejorar la estabilidad económica de las empresas agropecuarias y reducir los riesgos (climáticos y de mercado) que pueden afectar seriamente a los resultados productivos y económicos, se hace necesario buscar algún tipo de articulación entre la ganadería y la agricultura, especialmente, en aquellas zonas donde predominan buenos suelos agrícolas.

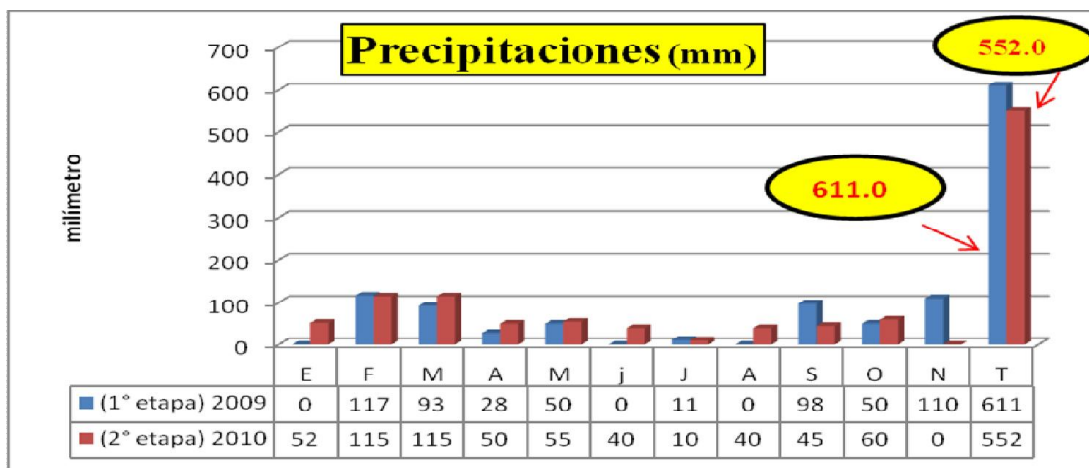
A partir de estos principios, se buscó armar un planteo ganadero que sea viable desde el punto de vista productivo y económico. Además, que logre articularse con una agricultura de alta producción. Para ello, se diseñó un módulo ganadero experimental con una cadena o secuencia de *cereales forrajeros de invierno*, integrada por diferentes especies avena (*Avena sativa*) y centeno (*Secale cereale*) y sembradas en distintas épocas del otoño. En todos los casos se trató de consumir a estos forrajes con el mejor balance energía y proteína posible. Para ello, se buscó que los *cereales forrajeros* se *encañen* para garantizar una mayor concentración energética del forraje con adecuados niveles proteicos.

##### **III.1.1.1 Materiales y métodos**

El trabajo experimental se realizó en Bonifacio (partido de Guaminí). El experimento se realizó en 2 etapas: la primera tuvo una extensión de 236 días (01/04 al 23/11/2009) y la



segunda de 166 días (29/04 al 12/10/2010). Las precipitaciones caídas durante ambas etapas del ensayo variaron entre 550 a 620 mm (figura 13).



**Figura 13: Precipitaciones caídas durante el ensayo (en mm)**

Los animales que se emplearon fueron 180 y 175 becerros Aberdeen Angus negro por etapa, respectivamente. El peso vivo al inicio de cada etapa del módulo experimental fue  $155.30 \pm 25$  y  $228.56 \pm 19.2$  kg. de *PV* becerro<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que el peso a la finalización del ensayo fue  $359.53 \pm 29.9$  y  $382.0 \pm 26.5$  kg. *PV* animal<sup>-1</sup>, respectivamente.

La superficie total sembrada de cereales forrajeros invernales fue 118 y 116 ha, respectivamente, compuesto por 49 y 47 ha de avena (*Avena sativa*) vc. Cristal (para 2009 y 2010, respectivamente) junto con 69 ha de centeno (*Secale cereale*) vc. Lisandro, común para ambas etapas. Los centenos se sembraron entre comienzo de febrero y principio de marzo, mientras que las avenas fueron sembradas entre mediados de marzo a fin de abril de cada año (fin del verano a principios del otoño para el hemisferio sur). La tecnología aplicada fue común para ambas etapas. La densidad de siembra, tanto de las avenas como de los centenos, fue de 90 kg. ha<sup>-1</sup>. La siembra se realizó con una sembradora de “siembra directa” y se aplicó, como fertilizantes, 20 kg. ha<sup>-1</sup> fosfato mono amónico + 20 kg ha<sup>-1</sup> de urea.

En todos los casos, los cereales forrajeros se empezaron a pastorear a comienzo de la fase de encañazón (Z1.5 a Z2.3 según escala de Zadoks, FAO 2010), entre 50 a 70 días

posteriores de la fecha de siembra, y permanecieron en ese estado hasta mediados de noviembre. Todos los forrajes fueron pastoreados en 3 oportunidades a lo largo del ensayo.

La carga animal en ambas etapas fue similar, 1.50 cabezas ha<sup>-1</sup>. La carga animal expresada en kilo de carne fue 386.12 y 457.92 kg PV ha<sup>-1</sup>, respectivamente, debido que en la 2° etapa se utilizaron animales más pesados. El forraje asignado por animal fue de 4.30 y 4.33 kg MS cada 100 kg PV día<sup>-1</sup>, respectivamente.

La unidad experimental utilizada en este ensayo fue el animal, evaluándose 20 becerros (repeticiones). Para encontrar el modelo de mejor ajuste a la variable peso vivo (PV), en ambas etapas, se probaron modelos lineales y no lineales.

Los costos directos (USD ha<sup>-1</sup>) de los cereales forrajeros invernales (avena y centeno), del personal y sanidad para elaborar los costos directos de producción (tabla 14) fueron:

\*Costo total de la avena y centeno = 80 USD ha<sup>-1</sup>

\*Costo de personal: 10.00 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> \*Costo de sanidad: 5.00 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

### III.1.1.2 Resultados

En la tabla 11 se describen los valores medios de los análisis químicos de los diferentes cereales forrajeros invernales utilizados de ambas etapas. Los consumos de materia seca fueron 7.60 y 8.60 kg MS cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 2.95 y 2.80% PV, respectivamente y no se encontraron diferencias significativas entre ellos.

Tabla 11: Análisis químicos de los cereales forrajeros de invierno –avenas y centeno-

Material	MS (%)	PB (%)	PBS (%)	CNES (%)	CNES PBS <sup>-1</sup>	DMS (%)	EM (MJ kg MS <sup>-1</sup> )
1° Etapa (2009)	23.46 (4.13)	22.16 (3.75)	12.05 (1.47)	19.05 (2.08)	1.58 (0.33)	79.50 (3.05)	11.97 (0.11)
2° Etapa (2010)	21.49 (3.26)	22.14 (5.54)	11.04 (1.88)	16.29 (3.01)	1.47 (0.47)	76.48 (4.18)	11.51 (0.15)
EE (±) Sign.	1.91 NS	2.31 NS	0.86 NS	1.35 P<0,05	0.215 NS	1.95 NS	0.069 NS

Referencias: EE: error estándar Desvíos estándar entre paréntesis

La eficiencia de cosecha o aprovechamiento media fue del 66.75 y 68.75%, respectivamente, quedando un remanente, en promedio, de  $\pm 32\%$  del forraje disponible. La producción de forraje fue de 3.850 y 3.910 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

En la tabla 12 se detalla la evolución de los pesos vivos de ambas etapas, respectivamente. La producción de carne fue de 306.34 y 230.16 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que las *eficiencias de conversión*, alcanzadas en cada una de las etapas, fueron de 8.71 y 9.30 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabla 12: Comportamiento productivo del módulo experimental (1° y 2° etapa)

Etapas	Ganancia de peso (kg. cabeza <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
<u>1° etapa</u>	<u>0.865</u> (0.05)
<u>2° etapa</u>	<u>0.924</u> (0.10)

Desvío estándar entre paréntesis

En la tabla 13 se muestra el balance energético-proteico entre los requerimientos de los animales en estudio, para la ganancia media obtenida y la oferta de nutrientes aportado por la dieta (NRC, 2001).

Tabla 13: Balance Energético-Proteico entre requerimientos y aportes de nutrientes por la dieta.

		Materia Seca (kg. MS cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Proteína Bruta (kg. PB cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Energía Metabolizable (MJ EM día <sup>-1</sup> )
Etapa 2009	Requerimientos	8.00	1.10	90.85
	Aporte del CFI	7.60	1.75	91.52
	Balance	-0.40	+0.65	+0.67
Etapa 2010	Requerimientos	8.90	1.12	97.97
	Aporte del CFI	8.60	1.94	99.15
	Balance	-0.30	+0.82	+1.18

NRC, 2001

La calidad y el consumo de los cereales forrajeros invernales cubrieron todos los requerimientos energéticos y proteicos, en ambas etapas del ensayo. Se observó un elevado excedente en el consumo de proteína y pequeño de energía.

Los  $R^2$  y  $CME$  fueron similares para todos los modelos, ante ello se seleccionó el lineal por ser un modelo más sencillo y sus parámetros fueron 0.84 y 86.05 para  $R^2$  y  $CME$ , respectivamente. El análisis de residuos realizado no mostró comportamientos erráticos para ninguno de los modelos ajustados para la primera y segunda etapa (figuras 20 y 22). El modelo lineal fue el seleccionado como el de mejor ajuste, mostrando una tendencia lineal positiva (tabla 38).

Además, se realizó la comparación de las pendientes de la regresión lineal para los dos años a través de la prueba de extra suma de cuadrados y se obtuvo diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) (tabla 39). En las figuras 21 y 23 se presenta el comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo de ambas etapas evaluadas.

Los costos de producción se presentan en la tabla 14.

Tabla 14: Costos directos de producción

COSTOS DIRECTOS	1° etapa	2° etapa
Costo del cultivo (USD ha <sup>-1</sup> )	80	80
Personal (USD ha <sup>-1</sup> )	6.5 <sup>1</sup>	4.5 <sup>2</sup>
Sanidad (USD ha <sup>-1</sup> )	3.25 <sup>1</sup>	2.25 <sup>2</sup>
Total Costos Directos (USD ha <sup>-1</sup> )	89.75	86.75
<b>Costos de Producción</b> (USD kg producido <sup>-1</sup> )	<b>0.29</b> (89.75 USD / 306.34 kg)	<b>0.37</b> (86.75USD / 230.16 kg)

(1) (1° etapa)  $10 \times 0.65\%$  del año (236 días/365 días) = **6.5**     $5 \times 0.65\%$  del año = **3.25**

(2) (2° etapa)  $10 \times 0.45\%$  (166/365) = **4.5**     $5 \times 0.45\%$  = **2.25**

Los costos de producción fueron consistentes con otros trabajos que utilizaron forrajes frescos como componente principal de la dieta (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Oliverio 2010).

## II° Trabajo experimental

### ***III.1.2 Ceba de becerros británicos sobre cereales forrajeros de invierno suplementados con y sin grano de cebada***

En este trabajo se evaluó el comportamiento de becerros Angus comiendo un cultivo de avena (*Avena sativa*), en 2 tratamientos, uno pastoreando avena solamente y el otro suplementado con una baja proporción de grano de cebada.

### III.1.2.1 Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en el campo experimental del Ministerio de Asuntos Agrarios, ubicado en la localidad de Carhué (Buenos Aires). La extensión del trabajo fue 84 días (06/05 al 29/07/2010). Las lluvias caídas durante el ensayo se describen en la figura 14.

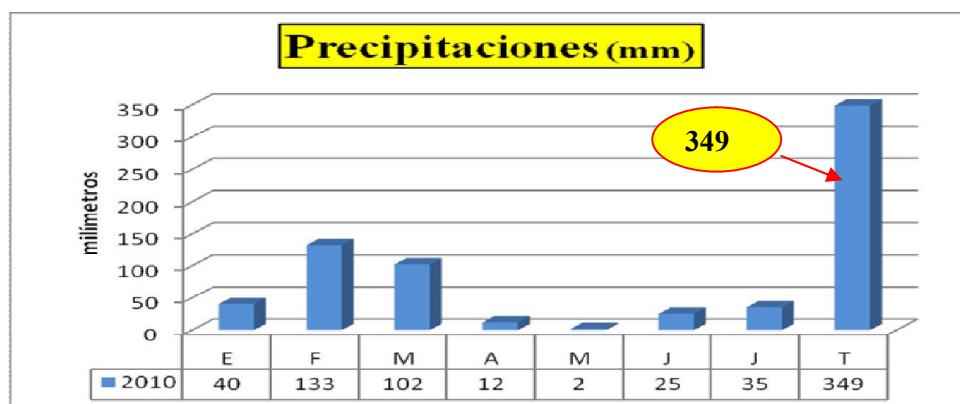


Figura 14: Precipitaciones caídas durante el ensayo (en mm)

Se utilizaron 20 becerros de raza Angus con un peso inicial de  $300.5 \pm 14.9$  y  $297.0 \pm 22.08$  kg PV becerro<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que el peso a la finalización del ensayo fue  $387.5 \pm 19.65$  y  $412.2 \pm 12.87$  kg. PV animal<sup>-1</sup>, respectivamente. Los animales se distribuyeron 10 por tratamientos, T<sub>1</sub> (TSG): avena sola “sin grano” y el T<sub>2</sub> (TCG): avena + 1.33 kg MS grano cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de cebada aplastada. El 25 de febrero de 2010 se sembraron 10 ha de avena vc. Tucana a razón de 80 kg ha<sup>-1</sup> con una sembradora de siembra directa, que se usaron para ambos tratamientos. No se aplicaron fertilizantes ni herbicidas. El intervalo entre pesadas fue de 14 días.

Los cereales forrajeros se empezaron a pastorear a comienzo de la fase de encañazón (Z1.5 a Z2.3 según escala de Zadoks, FAO 2010), entre 50 a 70 días posteriores de la fecha de siembra, y permanecieron en ese estado hasta finalizar en ensayo. Todos los forrajes fueron pastoreados en 3 oportunidades a lo largo del ensayo.

La carga animal fue, en ambos tratamientos, de 2 cabezas ha<sup>-1</sup> o 688.0 y 709.2 kg PV ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El forraje asignado por animal fue de 3.54 y 4.20 kg MS cada 100 kg PV día<sup>-1</sup>, respectivamente.

La unidad experimental fue el animal con 10 repeticiones. El análisis de los datos se realizó mediante un ANOVA bajo diseño experimental completamente aleatorizado. Se efectuó el análisis de covarianza, considerando el peso inicial de los animales como variable concomitante. Las variables analizadas fueron peso vivo y ganancia diaria en cada etapa.

Los costos directos (USD ha<sup>-1</sup>) de los alimentos, del personal y sanidad utilizados para elaborar los costos directos de producción (tabla 18) fueron:

\*Cultivo de Avena: 58 USD ha<sup>-1</sup>

\*Grano de cebada: 100 USD t<sup>-1</sup> (2 cab. ha<sup>-1</sup> x 0.10 USD kg<sup>-1</sup> x 126.0 kg.cab.<sup>-1</sup>=25.20 USD ha<sup>-1</sup>)

\*Costo de personal: 10.00 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>      \*Costo de sanidad: 5.00 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

### III.1.2.2 Resultados

En las tablas 15 se describen los valores medios de los análisis químicos de las avenas. Los valores de todos los parámetros nutricionales no tuvieron diferencias significativas para ambos tratamientos.

Tabla 15: Análisis químico de las avenas y del grano de cebada

Material	MS (%)	PB (%)	PBS (%)	CNES (%)	CNES PBS <sup>-1</sup>	DMS (%)	EM (MJ kg MS <sup>-1</sup> )	Almidón (%)
1° Tratamiento (TSG)	24.51 (5.44)	16.84 (5.23)	11.71 (4.65)	20.50 (7.50)	1.75 (1.53)	77.35 (2.08)	11.68 (0.07)	-----
2° Tratamiento (TCG)	22.54 (2.65)	18.60 (0.70)	12.68 (0.20)	18.28 (2.71)	1.44 (0.21)	77.12 (5.39)	11.64 (0.19)	-----
EE (±)	1.42	2.43	2.3	3.90	0.450	2.89	0.103	-----
Grano de Cebada	91.67 (3.71)	13.68 (0.56)	----	16.77 (1.68)	----	83.75 (3.22)	12.62 (0.38)	52.81 (0.58)

EE: error estándar    Desvíos estándar entre paréntesis

La producción de forraje fue diferencial entre tratamientos. La avena del T<sub>1</sub> (TSG) tuvo una menor producción que el T<sub>2</sub> (TCG), debido a irregularidades del suelo, 2.270.84 y 2.553.89 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente, (P<0.05), sin embargo la calidad nutricional fue similar (tabla 15). Los consumos, medios, obtenidos por tratamiento fueron 8.97 y 9.68 kg MS cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 2.60 y 2.73% PV, respectivamente (NS). En el TCG se utilizó 126 kg de grano de cebada (GC) aplastada por animal (0.4% PV).

Mientras que en la tabla 16 se presenta el comportamiento productivo. Los análisis de covarianza realizados muestran que no existió efecto del peso inicial en las diferentes etapas de pesaje. Las *eficiencia de conversión* obtenidas fueron 9.62 y 7.79 kg de MS de alimentos kg de carne producida<sup>-1</sup>, respectivamente. La producción de carne fue de 174.0 y 230.40 kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento TSG y TCG, respectivamente.

Tabla 16: Comportamiento productivo del módulo experimental (1° y 2° tratamiento)

TRATAMIENTOS	Ganancia de peso (kg cabeza <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
1° tratamiento	1.036 (0.07)
2° tratamiento	1.371 (0.09)
EE (±) Sign	0.15 P<0.01

Desvíos estándar entre paréntesis

En tanto en la tabla 17 se presenta el balance energético-proteico de las dietas. Los requerimientos de proteína bruta por cada unidad de energía metabolizable fue entre 9 a 10 gramos de PB por cada MJ EM (NRC, 2001). En este trabajo la relación entre ambos parámetros fue mayor, 13 a 15.5 gramos de PB por cada MJ EM, generando un excedente proteico y energético. La proteína fue eliminada a través de la orina (urea) (Elizalde 2001) y el exceso de energía fue utilizado en las caminatas, pastoreo, detoxificar el amoníaco excedente (Dimarco y Aello 2002 y 2004) y por la transpiración (Flamenbaum, 2009 y García *et al* 2010). Las mayores *ganancias diarias de peso* en el tratamiento con grano de cebada se explican por el nivel de energía, adicional, aportado por el grano de cebada (Dimarco, 2004). Los costos de producción se presentan en la tabla 18.

Tabla 17: Balance Energético-Proteico entre requerimientos y aportes de nutrientes por la dieta.

		Materia Seca (kg MS cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Proteína Bruta (kg PB cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Energía Metabolizable (MJ EM día <sup>-1</sup> )
Tratamiento 1 (TSG)	Requerimientos	9.6	1.05	105.93
	Aporte de la avena	8.97	1.51	108.23
	Balance	-0.63	+0.46	+2.30
Tratamiento 2 (TCG)	Requerimientos	9.5	1.15	110.95
	Avena + grano	9.68	1.80	116.23
	Balance	+0.18	+0.65	+5.28

NRC, 2001

Tabla 18: Costos directos de producción

COSTOS DIRECTOS	TSG	TCG
Costo del cultivo (USD ha <sup>-1</sup> )	58.0	58.00
Grano de cebada (USD ha <sup>-1</sup> )	.....	25.20
Personal (USD ha <sup>-1</sup> )	2.30 <sup>1</sup>	2.30 <sup>1</sup>
Sanidad (USD ha <sup>-1</sup> )	1.15 <sup>1</sup>	1.15 <sup>1</sup>
Total Costos Directos (USD ha <sup>-1</sup> )	61.45	86.65
Costo de Producción (USD kg producido <sup>-1</sup> )	<b>0.35</b> (61.45 USD / 174.0 kg)	<b>0.38</b> (86.65 USD / 230.4 kg)

(1) (TSG y TCG) 10 x 0.23% (84 días/365)= 2.30    5 x 0.23%= 1.15

Los costos de producción fueron consistentes con otros trabajos realizados en sistemas de engorde pastoril, utilizando bajas proporciones de granos de cereales (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Rearte 2010).

### III° Trabajo experimental

#### III.1.3 Terminación de novillos británicos pesados con cereales forrajeros de invierno encañados y grano de cereal en bajas proporciones

En este trabajo experimental se aprovechó el mejor balance *CNES PBS<sup>1</sup>*, característicos de los cereales forrajeros invernales encañados, junto con bajas proporciones de grano de cereal (0.4-0.6% del peso vivo) para engordar novillos británicos de avanzado peso vivo, buscando altas ganancias de peso y tasa de engrasamiento. De esta forma se podrían terminar animales pesados, dentro de un sistema pastoril, con muy bajos niveles de suplementos. Esta ecuación permitiría mejorar significativamente el resultado económico de la ceba.

##### III.1.3.1 Materiales y métodos

Este trabajo fue realizado en la localidad de Bonifacio (Guaminí). Las lluvias caídas a lo largo de ambos años evaluados se citan en la figura 15.

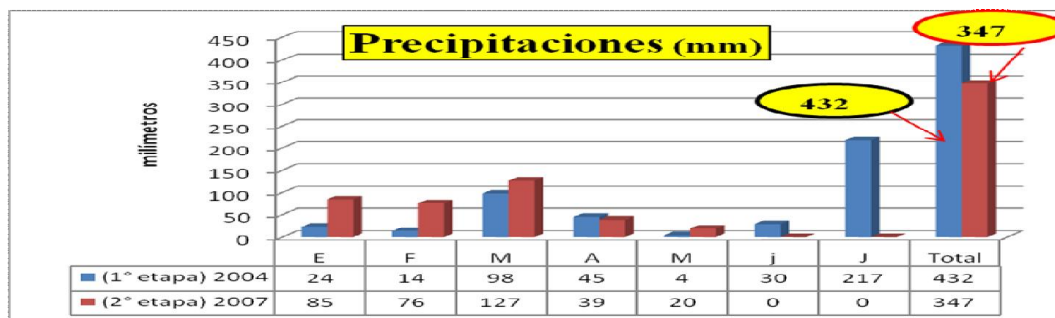


Figura 15: Precipitaciones caídas durante el ensayo (en mm)



La extensión de este experimento fue diferencial de acuerdo a la etapa en estudio. La primera etapa tuvo una extensión de 70 días (14/04 al 23/06/2004). Mientras que en la segunda etapa se dividió en 2 períodos, el primero duró 61 días (12/04 al 12/06/2007) y el segundo 68 días (16/05 al 23/07/2007).

Los animales empleados en este experimento fueron de raza Angus. En la 1° etapa se utilizaron 143 novillos con  $386.0 \pm 5.46$  kg *PV* al inicio del trabajo y en la 2° etapa se utilizaron 2 grupos de animales con pesos vivos diferentes, en el primer período 234 novillos con  $383.4 \pm 7.88$  kg *PV* y en el segundo 180 novillos con  $416.0 \pm 0.074$  kg *PV*. Mientras que el peso a la finalización del ensayo fue  $458.8 \pm 15.08$  (1° etapa) y  $458.0 \pm 12.81$  y  $491.0$  kg. *PV* animal<sup>-1</sup>, (1° y 2° grupo de la segunda etapa, respectivamente).

La superficie de avena (*Avena sativa*) vc cristal utilizada fue 68 y 96 ha, respectivamente. Mientras que las fechas de siembra fueron, en la 1° etapa, del 1° al 10 de febrero y en la segunda etapa del 2 al 12 de febrero (1° período) y del 20 al 28 de febrero (2° período). La tecnología aplicada fue similar en ambos años: 90 kg avena ha<sup>-1</sup> en siembra directa + 20 Kg ha<sup>-1</sup> fosfato mono amónico + 20 kg ha<sup>-1</sup> de urea. En la 1° etapa se suplementó con grano de maíz (GM) (seco y molido) y en la 2° etapa con grano de sorgo (GS) (seco y molido) con altos niveles de taninos ( $11.5 \pm 0.08$  gramos de taninos kg de grano<sup>-1</sup>).

La carga animal resultante, de ambas etapas de evaluación, fue 2.10 cabezas has<sup>-1</sup> o 887.04 kg *PV* ha<sup>-1</sup> (1° etapa) y 2.44 cabezas ha<sup>-1</sup> o 1.009 kg *PV* ha<sup>-1</sup> y 1.90 cabeza ha<sup>-1</sup> o 861.65 kg *PV* ha<sup>-1</sup> para el primer y segundo período de la 2° etapa, respectivamente. El forraje asignado por animal fue de 3.73 y 3.53 kg *MS* cada 100 kg *PV* día<sup>-1</sup>, respectivamente.

Las avenas se empezaron a pastorear a comienzo de la fase de encañazón (Z1.5 a Z2.3 según escala de Zadoks, FAO 2010), entre 50 a 70 días posteriores de la fecha de siembra, y permanecieron en ese estado hasta finalizar en ensayo. Las avenas de ambas etapas fueron pastoreadas en 2 oportunidades a lo largo del ensayo.

La unidad experimental fue el animal, utilizándose 20 novillos (repeticiones) para realizar el estudio estadístico. Para encontrar el modelo de mejor ajuste a la variable peso vivo (*PV*), en ambas etapas, se probaron modelos lineales y no lineales.

Los costos directos (USD ha<sup>-1</sup>) de los alimentos, del personal y sanidad utilizados para elaborar los costos directos de producción (tabla 23) fueron:

\* Costo de la Avena (CFT): 84.0 USD ha<sup>-1</sup>

\*Costo del GM: 38.22 USD ha<sup>-1</sup> (equivale a 130 USD t<sup>-1</sup>)

\*Costo del GS: 24.56 USD ha<sup>-1</sup> (1° etapa) y 28.42 USD ha<sup>-1</sup> (2° etapa) (equivale a 110 USD t<sup>-1</sup>)

\*Costo de Personal: 10.0 USD ha<sup>-1</sup> \*Costo de Sanidad: 5.0 USD ha<sup>-1</sup>

### III.1.3.2 Resultados

En las tablas 19 y 20 se describen los valores medios de los análisis químicos de las avenas y del grano de maíz y sorgo utilizado. Los valores de los parámetros nutricionales de las avenas, de ambas etapas, no tuvieron diferencias significativas. Mientras que los valores de los *GM* y *GS* tuvieron algunos parámetros con diferencias significativas.

Tabla 19: Análisis químicos de las avenas (1° y 2° etapa)

Etapas	MS (%)	PB (%)	PBS (%)	CNES (%)	CNES PBS <sup>-1</sup>	DMS (%)	EM (MJ/kg MS)
1° Etapa	24.22 (0.85)	20.16 (1.64)	11.61 (1.51)	14.03 (1.49)	1.21 (0.28)	79.27 (1.43)	11.97 (0.06)
2° Etapa	23.71 (8.36)	19.15 (5.62)	9.68 (3.63)	13.08 (3.35)	1.35 (0.90)	82.87 (3.21)	12.47 (0.11)
EE (±)	4.20	2.93	1.96	1.83	0.47	1.75	0.07

EE: error estándar Desvíos estándar entre paréntesis

Tabla 20: Análisis químicos del grano de maíz y sorgo

Granos	MS (%)	PB (%)	PBS (%)	CNES (%)	CNES PBS <sup>-1</sup>	DMS (%)	EM (MJ/kg MS)	Taninos (%)
Grano de Maíz (1° etapa)	91.34	9.06	2.53	15.39	<u>6.08</u>	85.25	12.89	-----
Grano de Sorgo (2° etapa)	92.2	10.5	2.93	12.54	<u>4.28</u>	81.5	12.26	11.5
EE (±)	2.28	1,25	1.28	2.21	0.28	3,27	1.36	-----
Significancia	NS	NS	NS	P<0,05	P<0,05	P<0,01	NS	-----

EE: error estándar Desvíos estándar entre paréntesis

La producción de forraje de las avenas fue 4.500 y 4.350 kg *MS* ha<sup>-1</sup>, respectivamente (NS). En la primera etapa el consumo medio de grano de maíz fue de 1.82 kg *MS* cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (promedio). Mientras que en la segunda etapa se consumió 1.38 y 1.84 kg *MS* cab.<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> grano de sorgo, para la 1° y 2° etapa, respectivamente. Los consumos totales de *MS* (forraje y grano) fueron 10.82, 10.58 y 10.69 kg *MS* cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 2.56, 2.52 y 2.45% PV en el 2004 y 2007, respectivamente y no se diferencio entre etapas.

En la tabla 21, se describen las *ganancias diarias de peso* alcanzadas. Las *eficiencias de conversión* fueron de 10.78, 8.65 y 9.69 kg de *MS* de alimentos kg de carne producida<sup>-1</sup>, respectivamente. Y la producción de carne obtenida fue de 152.88 (1° etapa), 156.66 y 183.01 kg de carne ha<sup>-1</sup>, para el 1° y 2° grupo de la segunda etapa, respectivamente. La mayor producción de la 2° etapa se debió a la mayor *carga animal*, mayor *ganancia de peso* y extensión de este 2° período.

Tabla 21: Comportamiento productivo del módulo experimental (1° y 2° etapa)

Etapas		Ganancia diaria de peso (kg cab. <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
<u>1° Etapa</u>		<u>1.04</u> (0.058)
<u>2° Etapa</u>	1° grupo	<u>1.223</u> (0.045)
	2° grupo	<u>1.103</u> (0.074)
<u>Media de la 2° etapa</u>		<u>1.163</u> (0.089)

Desvíos estándar entre paréntesis

El modelo que mejor ajuste tuvo en ambas etapas fue el cuadrático (tablas 40 y 41). No se reportan los criterios estadísticos para los modelos no lineales debido a que no tuvieron convergencias adecuadas. Los  $R^2$  para el modelo cuadrático fueron 0.95 y 0.97, respectivamente. En tanto los *CME* del modelo cuadrático fueron 42.42 y 26.78, respectivamente. Todos los parámetros resultaron significativos. El análisis de los residuos de los experimentos de la primera y segunda etapa realizados no mostraron comportamientos erráticos para el modelo cuadrático ajustado (figura 24 y 26). Mientras que en las figuras 25 y 27 se presentan el comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático de la 1° y 2° etapa, respectivamente.

En la tabla 22 se describe el balance energético-proteico de las dietas de ambas etapas.

Tabla 22: Balance Energético-Proteico entre requerimientos y aportes de nutrientes por las dietas.

		Materia Seca (kg MS cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Proteína Bruta (kg PB cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Energía Metabolizable (MJ EM día <sup>-1</sup> )
1° Etapa	Requerimientos	11.22	1.40	129.79
	Aporte Avena	9.00	2.35	113.47
	Aporte grano maíz (2.0 kg)	1.82	0.15	25.62
	<b>Balance</b>	<b>-0.40</b>	<b>+ 1.10</b>	<b>+ 9.30</b>
2° Etapa	<u>1° parte:</u>	10.90	1.35	129.38
	Requerimientos			
	Aporte Avena	9.20	1.75	114.93
	Aporte grano sorgo (1.5 kg)	1.38	0.14	18.08
	<b>Balance</b>	<b>- 0.32</b>	<b>+ 0.54</b>	<b>+ 3.63</b>
	<u>2° parte:</u>	11.50	1.41	131.47
	Requerimientos			
	Aporte Avena	8.85	1.66	112.42
Aporte grano sorgo (2.0 kg)	1.84	0.19	24.12	
<b>Balance</b>	<b>- 0.81</b>	<b>+ 1.41</b>	<b>+5.07</b>	

NRC, 2001

Mientras que en la tabla 23 se muestra una síntesis de los resultados económicos de ambas etapas. Los costos directos de producción fueron consistentes con otros trabajos realizados en sistemas de engorde pastoril, utilizando bajas proporciones de granos de cereales y con novillos pesados (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Oliverio 2010).

Tabla 23: Costo directos de producción de cada ensayo (1° y 2° etapa)

	1° etapa	2° etapa	
		1° período	2° período
Costo de la Avena (USD ha <sup>-1</sup> )	84.00	84.00	84.00
Costo del grano de maíz (USD ha <sup>-1</sup> )	38.22	-----	-----
Costo del grano de sorgo (USD ha <sup>-1</sup> )	-----	24.56	28.42
Personal (USD ha <sup>-1</sup> )	2.0 <sup>1</sup>	1.7 <sup>2</sup>	1.9 <sup>3</sup>
Sanidad (USD ha <sup>-1</sup> )	1.0 <sup>1</sup>	0.85 <sup>2</sup>	0.95 <sup>3</sup>
Total (USD ha <sup>-1</sup> )	125.22	111.11	115.27
Costos por kilo de carne (USD kg MS <sup>-1</sup> )	<b>0.82</b> (125.22 USD/152.88 kg)	<b>0.71</b> (111.11USD/156.66 kg)	<b>0.63</b> (115.27 USD/183.01 kg)

(2) (2004) 10 x 0.20 % del año (70 días/365 días)= 2.0 5 x 0.20% del año= 1.0

(3) (2007 -1° etapa) 10 x 0.17% (61 días/365)= 1.7 5 x 0.17%= 0.85

(4) (2007 -2° etapa-) 10 x 0.19 % (68 días/365)= 1.9 5 x 0.19%= 0.95

### III.1.4 Discusión general del 1° Eje Experimental

La mayoría de los forrajes frescos (pasturas polifíticas y *cereales forrajeros invernales*), en otoño e invierno, producen bajas ganancias de peso (350 a 400 gramos diarios) mientras que están en estado de “pasto” (Z 1.2 hasta Z 2.0 según escala de Zadoks et al 1974) con animales de recría o engorde (Baecck 2000, Vaz Martins y Messa 2007 y Garcilazo 2007 y Stritzler 2008). La explicación de este comportamiento está vinculada a un desbalance nutricional (alta proporción de *PBS* y baja de *CNES*) y a algunos factores externos (efectos climáticos y sanitarios, especialmente, parásitos externos e internos) que alteran la calidad del forraje y al metabolismo animal (Stritzler 2008).

Sin embargo, existen 2 situaciones donde se produce un comportamiento diferente. Cuando por efectos climáticos favorables (temperatura y humedad) se acelera el crecimiento de las plantas o cuando se demora el primer pastoreo, en ambos casos las plantas se *encañan* (Z 2.3 hasta Z 4.3 según escala de Zadoks et al 1974 y FAO 2010) y a pesar de estar en otoño-invierno, se produce un incremento de los niveles de *CNES* y una reducción de la *PBS* generándose una relación  $CNES/PBS^l > 1.0$  (similar a la primavera) (Tomaso 2005 y Taweel et al. 2005). En estas condiciones, los azúcares solubles incrementaría el aporte energético para el crecimiento de los microorganismos ruminales (Miller et al. 1999 y Lee et al. 2002), además de mejorarse la eficiencia en la utilización de la *PBS* para la síntesis de proteína microbiana (Arzadún et al. 1996 y Marais 2001 y Montoya et al. 2004). Los *AGV* generados en rumen, principalmente el  $C_3$ , promoverían una mayor síntesis de glucosa en hígado (gluconeogénesis) incrementando el aporte de este compuesto a nivel duodenal que junto un adecuado consumo de *AA* (dietario y microbiano) estimularía una mayor síntesis de tejidos muscular y graso, incrementándose, significativamente, las *ganancias diarias de peso* (Pordomingo et al. 2001 y Pordomingo et al. 2007). Este incremento de las *ganancias de peso* reducirían los *costos de producción* (u\$s kilo de carne producido<sup>-1</sup>) (Resch 2010).

En el 1° trabajo experimental utilizando avena y centeno como cereales forrajeros invernales y sin el agregado de ningún concentrado las *ganancias de peso*, medias, alcanzadas fueron altas (0.872 y 0.924 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente). El mejor balance energía: proteína ( $CNES/PBS^l$  1.78 y 1.38, respectivamente) de este trabajo produjo una

buena respuesta animal, aún, sin el agregado de concentrados (Méndez y Davis 2003 y 2006). Sin embargo, cuando se aspira a ganancias superiores ( $> 0.900 \text{ kg cabeza}^{-1}\text{día}^{-1}$ ) y se dispone de un cereales forrajeros invernales balanceado ~energía y proteína~ el almidón proveniente de un grano de cereal suministrado en bajas proporciones (0.4-0.5% del PV) permite redireccionar ese almidón a sitios específicos (adipositos) y obtener mayores ganancias de peso (Santini 2004 y Pordomingo *et al* 2001 y Pordomingo *et al* 2007). Esto pudo haber ocurrido en el II° y III° trabajo donde se usaron granos con almidones de diferentes niveles *by pass*, el grano de cebada ( $<10\%$ ) y el de maíz y sorgo (25-30%) respectivamente (Sauvant *et al* 1994 y Fernández Mayer 2001). Además en el 2° experimento, aún utilizando una baja proporción de grano de cebada (0.4% PV), se produjo un excedente energético ( $1.66 \text{ Mcal EM día}^{-1}$ ) que se pudo haber utilizado para cubrir el gasto de energía que demandan el pastoreo y las caminatas (Dimarco y Aello 2004), para detoxificar el amoníaco en urea (Dimarco y Aello 2002) y el saldo energético dispersarse como calor con la transpiración (Flamenbaum, 2009 y García *et al* 2010).

En el segundo y tercer experimento se observó que el aporte de un grano de cereal en bajas proporciones (0.4-0.6% PV) junto con un forraje balanceado (energía-proteína) permitió asegurar un aporte extra de energía (Santini y Elizalde 1993) que se transformó en una mayor producción de carne y mejorar, además, el resultado económico (Oliverio 2010).

El valor de la relación  $CNES \text{ PBS}^{-1}$  que favorecería una mayor producción de carne, independiente de la época del año, está en plena discusión. Rueda *et al.* (2006) y Correa *et al.* (2008) definieron que para garantizar un óptimo crecimiento microbiano se necesita que dicha relación varíe en un rango entre 3.2 y 3.5, aunque otros autores concluyeron en valores muy inferiores entre 1.8 a 2.5 (Vargas y Mejía 2004). La relación, media,  $CNES \text{ PBS}^{-1}$  obtenida en los 3 trabajos experimentales fue **1.47** (1.21 a 1.75).

Un mayor contenido de  $CNES$  y una relación  $CNES \text{ PBS}^{-1}$  más amplia genera una mayor eficiencia de la fermentación ruminal, con mayor producción de  $AGV$ , especialmente  $C_3$ , y una relación  $C_2:C_3$  más favorable para la deposición de tejidos (Rueda *et al.* 2006). Durante la primavera, el mayor consumo de  $CNES$ , por los altos contenidos de azúcares

solubles de los forrajes de esa época, produce una mayor proporción de  $C_3$  en rumen. Esto hace que la relación  $C_2:C_3$  obtenida favorezca mayores ganancias de peso en primavera que en otoño (Baeck. 2000).

Numerosos trabajos han mejorado las ganancias de otoño-inverno con la suplementación con granos de cereal, especialmente de alta degradabilidad ruminal, como es el caso del grano de trigo o cebada y, también, de menor degradabilidad como es el maíz o sorgo. En estos trabajos se obtuvieron ganancias entre 0.7 a 0.8 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> con niveles de suplementación entre 0.7 a 1.0% del PV (Vaz Martins y Messa 2007 y Garcilazo 2007 y Stritzler 2008). La mayor disponibilidad de glucosa en duodeno, producto de la digestión de los almidones en ese sitio, permite que los AA –gluconeogénicos- se dirijan a sintetizar proteína muscular en lugar de generar glucosa (gluconeogénesis) a nivel hepático (Orskov 1986 y Aello y Dimarco 2004). La glucosa proveniente de los almidones (degradables en rumen y *by pass*) terminan en los adipositos incrementando la tasa de engrasamiento y la terminación de los animales (Remillard *et al.* 1989, Santini 1989, Dimarco 1998 y Santini 2004).

La *ganancia diaria de peso*, media, de todos los trabajos fue de **1.081** kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (0.872 a 1.371). De ellos, con cereales forrajeros invernales, exclusivamente, se alcanzó una ganancia media de **0.944** kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (0.872 a 1.036). Mientras que con un aporte entre 0.3-0.4% del PV de grano de cereal (cebada o sorgo) la ganancia, media, ascendió a **1.184** kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (1.04 a 1.371) (+25.42%).

Si comparamos la relación  $CNES\ PBS^{-1}$  media obtenida en los trabajos citados en la tabla 5 con los resultados de esta tesis, **0.58** (0.14 a 1.0) y **1.68** (1.30 a 2.43), respectivamente, se aprecia un incremento significativo de esta relación, y con ella, una correspondencia directa con las *ganancias de peso* alcanzadas en los trabajos en estudio. Esto estaría demostrando que para obtener altas *ganancias* se requiere que la relación  $CNES\ PBS^{-1}$  sea **superior a 1.2**. Muy por debajo a las citadas por Vargas y Mejía (2004), Rueda *et al.* (2006) y Correa *et al.* (2008).

Las concentraciones de *PB* y *PBS*, medias de las dietas en los trabajos realizados, fueron 22.15% y 11.54%, 17.72% y 12.19%, 19.65% y 10.64%, para las diferentes etapas de los ensayos I°, II° y III°, respectivamente. En todos los casos resultaron muy superiores a las requeridas por las diferentes categorías de animales utilizados (Mac Loughlin 2010). Méndez y Davis 2003 encontraron que la fertilización nitrogenada a los cereales forrajeros invernales en otoño-invierno incrementa, significativamente, los niveles de *PBS* y reduce la *CNES*, disminuyendo la relación  $CNES\ PBS^{-1}$  ( $<1.0$ ) al aumentar la proporción de hojas respecto a la de tallo (en *MS*), y con esto se reducen las *ganancias de peso* (Binnie *et al.* 2001, Gagliostro y Gagliotti 2002, Del Pozo *et al.* 2002, Tas 2006 y Petruzzi *et al.* 2006). Sin embargo, en el I° y III° trabajo experimental donde se fertilizó con nitrógeno y fósforo, se han obtenido niveles de moderados a altos de *CNES* y moderados a bajos de *PBS*. Este comportamiento se pudo deber a que los cereales forrajeros invernales se pastorearon encañados con una mejor relación tallo: hoja.

Rueda *et al.* 2006 encontraron que el nivel de *CNES* puede representar de alto valor en la predicción de la eficiencia de transformación de un forraje en producción de carne. Sin embargo, el contenido de *CNES*, exclusivamente, no garantiza una alta respuesta productiva. Para ello es necesario determinar, además, los contenidos de *PB*, *PBS*, la relación  $CNES\ PBS^{-1}$ , la asignación de forraje que habría disponible por animal ( $\text{kg } MS\ 100\ \text{kg } PV\ \text{día}^{-1}$ ) (Stritzler 2008 y Romera *et al.* 2008) y la concentración de *MS* de los forrajes frescos a utilizar (Cangiano 1997).

El forraje asignado por animal, media de estos trabajos, fue 3.94 kg *MS* cada 100 kg *PV* día<sup>-1</sup> (3.53 - 4.33). En tanto, las concentraciones de *MS* de los cereales forrajeros invernales utilizados en los ensayos fueron: 22.47, 25.02 y 23.96 % *MS*, respectivamente. Para alcanzar los máximos consumos de *MS*, además de un forraje balanceado energía-proteína, se debería asignar una superficie de forraje no inferior a 3.50 kg *MS* cada 100 kg *PV* día<sup>-1</sup>, con una concentración de *MS* entre 22 al 24% y una altura de pastoreo entre 25 a 30 cm (Cangiano 1997, Romera *et al.* 2008 y Ferragine 2009). De esta forma se reduce el gasto energético de mantenimiento destinado al consumo de forraje, quedando un mayor porcentaje de energía para la producción de carne (Dimarco 1998 y Dimarco y Aello 2004).



De acuerdo a los resultados obtenidos, tanto la calidad del forraje, la superficie asignada, la concentración de *MS* y la altura de pastoreo fueron adecuadas para favorecer los máximos consumos de *MS*. Todo esto explicaría las adecuadas *eficiencias de conversión* y altas *ganancias de peso* alcanzadas en los diferentes ensayos para un sistema pastoril, aún con bajas proporciones de concentrados (Aello y Dimarco 2004).

Los *costos directos de producción* alcanzados en los 3 trabajos experimentales fueron muy apropiados a los sistemas de ceba pastoril de Argentina (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Rearte 2010). En el primer trabajo los *costos directos de producción* fueron muy adecuados (0.29 y 0.37 USD kg<sup>-1</sup>, respectivamente), producto de la excelente respuesta en producción de carne a los forrajes frescos, como único alimento. En tanto, en el segundo trabajo se observó escasa diferencia en el *costo directo de producción* de ambos tratamientos, siendo el costo del tratamiento sin grano ligeramente inferior al del tratamiento con grano de cebada. No obstante, la gran variabilidad en la disponibilidad y calidad de los cereales forrajeros invernales en Argentina indica que cuando se busca terminar animales con un adecuado grado de engrasamiento utilizando cereales forrajeros invernales encañados, es clave el suministro de grano de cereal en pequeñas proporciones (Santini y Elizalde 1993). Mientras que en el tercer trabajo el *costo directo de producción* estuvo altamente influenciado por la proporción de grano empleado. En la 1° etapa y segundo período de la 2° etapa que se usó ±1.80 kg *MS* de grano animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de *grano de maíz (GM)* y *grano de sorgo (GS)*, respectivamente, el *costo de producción* fue de 0.82 y 0.81 USD kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que en el primer período de la 2° etapa con un nivel de 1.38 kg *MS* de GS animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> el *costo* se redujo a 0.61 USD kg<sup>-1</sup>. A partir de estos resultados se observa la alta dependencia de los costos de producción con la proporción del suplemento empleado (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Oliverio 2010).

Los *costos de producción* de los sistemas de ceba a corral, que es la otra alternativa productiva, oscilan entre 1.5 a 2 u\$s kg<sup>-1</sup> producido. Este valor está directamente correlacionado con el peso de terminación, siendo mayor a medida que aumenta el peso final al incrementarse los consumos de *MS* (Santini 2004, Fernández Mayer y Delgado 2009, Fernández Mayer 2010 y Resch 2010). Sin embargo los *costos de producción*

obtenidos en estos trabajos, que variaron entre 0.31 a 0.90 u\$s kg<sup>-1</sup>, fueron significativamente inferiores a los de ceba a corral (Elizalde 2001 y Rearte 2010). Todo esto estaría demostrando que los planteos experimentales presentados responden a criterios técnicos-económicos que favorecerían la viabilidad de los sistemas productivos (Remondino y Garino 2004).

De acuerdo a los resultados logrados en los tres trabajos experimentales se observa que la calidad y cantidad de los alimentos utilizados (cereales forrajeros invernales y concentrados) fueron adecuados y explican las altas respuestas productivas alcanzadas y los resultados económico-financieros acompañaron los buenos resultados en producción de carne obtenidos.

### III.1.5 Conclusiones del I° Eje experimental

La respuesta en producción de carne, utilizando cereales forrajeros invernales, está sujeta a la concentración de *CNES*, a la relación *CNES PBS<sup>-1</sup>*, a la asignación de forraje y al agregado de grano de cereal en bajas a proporciones para mejorar el balance energía-proteína de la dieta. Si se busca un incremento significativo en la producción de carne con este tipo de forraje, al menos con animales de biotipo chico y mediano, es necesario que:

1. La relación *CNES PBS<sup>-1</sup>*, la *PB* y la asignación de forraje de un cereal forrajero invernal puede tener una buena correspondencia con la eficiencia de transformación de un pasto en producción de carne.
2. La relación *CNES PBS<sup>-1</sup>* debería ser superior a 1.2.
3. El nivel de *PB* del forraje fresco debería ser suficiente para cubrir los requerimientos de este parámetro de acuerdo a la categoría que se esté usando (preceba 14-15% *PB* kg. *MS<sup>-1</sup>*, ceba de vaquillas o novillos 11-12%, ceba 10-11%).
4. El forraje asignado por animal debería ser igual o superior a 3.50 kg *MS* cada 100 kg *PV* día<sup>-1</sup>.

Todos estos parámetros nutricionales se alcanzarían cuando los cereales forrajeros invernales están encañados o panojados/espigados tempranamente y con una adecuada disponibilidad de los mismos.

## 2° Eje experimental

### ***III.2 Respuesta en producción de carne a la utilización de los sorgos nervadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco o diferido (heno en pie)***

En el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) ha impactado fuertemente, por sexto año consecutivo, una fuerte sequía propia de una región con clima subhúmedo-semiárido, alterando todos los sistemas productivos tanto ganaderos como agrícolas.

Los sorgos *BMR* o nervadura marrón se caracterizan por tener *genes* con capacidad de promover un menor depósito de lignina. Esa menor concentración de lignina en la planta les permite alcanzar mayores niveles de digestibilidad, para el mismo estado fenológico, comparado con un sorgo forrajero tradicional (De León 2005).

Con la utilización de estos sorgos *BMR* como ensilajes de planta entera se están obteniendo buenos resultados en lo que respecta a la calidad del material y a las producciones de carne y leche (Giorda y Cordes 2005). Sin embargo, falta información referente al comportamiento productivo al utilizarlos como forraje fresco (pastoreo directo) o diferido (henos en pie). Se entiende por cultivo diferido aquel que se secó por efectos de heladas o fuertes sequías y se transfiere el forraje a otra época del año, en este caso a otoño-invierno.

## IV° Trabajo experimental

### ***III.2.1 Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco***

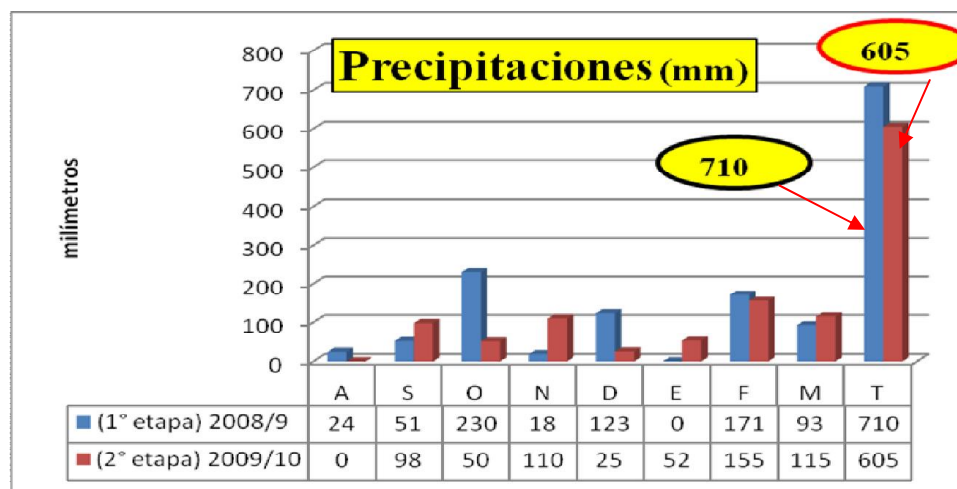
Durante la época estival, uno de los cultivos más utilizados en una amplia región de la Argentina y Uruguay es el sorgo híbrido forrajero (*Sorghum sp*), tipo Sudan, tanto en lecherías como en los campos de cría y ceba (Rearte 2003 y Berti 2010). Este cultivo se destaca por tener altas producciones de forraje por hectárea (8.000 a 15.000 kg MS ha<sup>-1</sup>) que permite sostener una elevada carga animal (3 a 6 animales ha<sup>-1</sup>) durante 2 a 4 meses del verano, dependiendo de la zona. Sin embargo, a pesar de la alta producción de forraje las ganancias de peso que se pueden alcanzar son bajas (400 a 600 gramos diarios) (Proyecto ganadero –INTA Concepción del Uruguay-, 2010). Este comportamiento está

vinculado con los desbalances nutricionales (digestibilidad 50-60%; proteína bruta de 8 a 14%, FDN 60-75% y lignina 4 a 8%) que tienen estos sorgos tradicionales a lo largo de su ciclo productivo (Giorda y Cordes 2009 y Murray *et al.* 2010).

Mientras que se desconoce si la mayor digestibilidad de los sorgos *BMR*, como forraje fresco, genera una mayor ganancia de peso y terminación de los animales sin el agregado de granos de cereales u otro tipo de aditivos (Giorda y Cordes 2009, Murray *et al.* 2010 y Berti 2010).

### III.2.1.1 Materiales y métodos

Este trabajo experimental se realizó en la localidad de Bonifacio (partido de Guaminí, Buenos Aires). El ensayo fue dividido en 2 etapas. La primera se extendió 99 días (22/12/2008 al 31/03/2009) y la segunda 69 días (06/01 al 16/03/2010). Las lluvias ocurridas en ambos años evaluados se describen en la figura 16.



**Figura 16: Precipitaciones caídas durante el ensayo (en mm)**

El 11/11/2008 se sembraron 31 ha de sorgo *BMR* forrajero azucarado<sup>1</sup> y el 01/11/2009 se sembraron 76 ha sorgo *BMR* forrajero fotosensible<sup>2</sup>, respectivamente. En ambas etapas, la siembra fue realizada con una sembradora de siembra directa a una densidad de 8kg ha<sup>-1</sup>.

(1) Nombre comercial: NUTRITOP del semillero ADVANTA

(2) Nombre comercial: NUTRITOP PLUS del semillero ADVANTA

Los fertilizantes fosforados usados fueron  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  aplicados a la siembra de una mezcla (75% superfosfato + 25% de sulfato de calcio) (1° etapa) y  $30 \text{ kg/ha}$  de fosfato mono amónico (2° etapa). Mientras que los nitrogenados fueron  $115 \text{ kg ha}^{-1}$  de solmix (19/11/08) (1° etapa) y  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de urea (05/12/2009) (2° etapa). Para controlar las malezas se usaron  $2 \text{ l ha}^{-1}$  de atrazina +  $1.5 \text{ l ha}^{-1}$  de herbadox (a la siembra en ambas etapas). El primer pastoreo en todos los casos fue cuando los sorgos tenían entre 0.45 a 0.60 metros de altura, buscando la mayor calidad y aprovechamiento posible.

En la primer etapa se utilizaron 140 novillos Angus de  $318 \pm 12.89 \text{ kg cabeza}^{-1}$  de PV al inicio del trabajo. Y en la segunda etapa 340 novillos de la misma raza, con un peso vivo inicial de  $347.25 \pm 14.56 \text{ kg cabeza}^{-1}$  PV. Mientras que el peso a la finalización del ensayo fue  $396.0 \pm 18.4$  y  $402.5 \pm 17.55 \text{ kg PV animal}^{-1}$ , respectivamente. La carga animal resultante medida en animales por hectárea en ambas etapas fue similar  $4.5 \text{ animales ha}^{-1}$ . Sin embargo, la carga medida en kilogramo por hectárea fueron diferentes  $1606.5$  y  $1686.91 \text{ kg PV ha}^{-1}$  respectivamente, debido a que en la 2° etapa se utilizaron animales más pesados. El forraje asignado por animal fue de  $4.54$  y  $4.64 \text{ kg MS}$  cada  $100 \text{ kg PV día}^{-1}$ , respectivamente. En ningún momento se utilizó suplementación correctiva, ni energética ni proteica. Tampoco se suministraron anabólicos.

La unidad experimental fue el animal con 20 repeticiones. Para encontrar el modelo de mejor ajuste a la variable Peso Vivo, en ambas etapas, se probaron modelos lineales y no lineales.

Los costos directos ( $\text{USD ha}^{-1}$ ) de implantación de los sorgos y del personal utilizados para elaborar los costos directos de producción (tabla 27), se describen a continuación. En el ensayo no se realizó ningún tratamiento sanitario.

\*Costo del sorgo BMR =  $156 \text{ USD ha}^{-1}$  \*Costo de personal:  $10 \text{ USD ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$

### III.2.1.2 Resultados

En la tabla 24 se describen los valores medios de la calidad de los sorgos *BRM* en ambas etapas.

Tabla 24: Análisis químicos de los sorgos *BMR*

Etapas	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	EM (MJ/kg MS)	CNES (%)	Almidón (%)	FDN (%)	LDA (%)
1° Etapa	22.09 (4.03)	16.52 (4.37)	76.73 (3.46)	11.55 (0.12)	13.0 (4.54)	5.0 (1.63)	53.63 (2.07)	2.51 (0.06)
2° Etapa	21.66 (2.39)	12.91 (4.78)	77.06 (1.62)	11.64 (1.62)	10.2 (0.9)	6.03 (0.65)	62.53 (3.53)	2.01 (0.38)
EE (±)	2.34	3.24	1.91	0.068	2.31	0.88	2.049	0.277
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	P<0,05	NS

EE: error estándar Desvíos estándar entre paréntesis

Las producciones de forraje fueron de 6.000 y 5.800 kg *MS* ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los consumos de *MS* de ambas etapas, fueron 9.80 y 10.40 kg *MS* cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 2.75 y 2.80% PV, respectivamente y no se diferencio entre etapas. En las tablas 25 y 26 se presentan el balance energético-proteico de la dieta, media, y la evolución de los pesos vivos obtenidas en ambas etapas, respectivamente. La producción de carne obtenida fue de 351.00 y 248.62 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que las *eficiencias de conversión* fueron 12.44 y 12.98 kg de *MS* de alimentos kg. de carne producida<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabla 25: Balance Energético-Proteico entre requerimientos y aportes de nutrientes por la dieta.

		Materia Seca (kg <i>MS</i> cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Proteína Bruta (kg PB cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Energía Metabolizable (MJ EM día <sup>-1</sup> )
1° Etapa	Requerimientos	9.90	1.20	110.12
	Aporte del sorgo <i>BMR</i>	9.80	1.67	113.76
	<u>Balance</u>	-0.10	+ 0.47	+ 3.64
2° Etapa	Requerimientos	10.50	1.29	115.98
	Aporte del sorgo <i>BMR</i>	10.40	1.77	120.71
	<u>Balance</u>	- 0.10	+ 0.48	+ 4.73

NRC, 2001

Tabla 26: Comportamiento productivo del módulo experimental (1° y 2° etapa)

Etapas	Ganancia diaria de peso (kg cab. <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
<u>1° Etapa</u>	<u>0.788</u> (0.25)
<u>2° Etapa</u>	<u>0.801</u> (0.18)

Desvíos estándar entre paréntesis

En las tablas 42 y 43, se presentan los resultados de los criterios estadísticos para los modelos ajustados para la 1° y 2° etapa, respectivamente. No se reportan los criterios estadísticos para los modelos no lineales debido a que no tuvieron convergencias adecuadas. En ambas etapas, los coeficientes de determinación  $R^2$  fueron muy parecidos (0.93 y 0.94 para el modelo lineal y cuadrático, respectivamente). El cuadrático presentó menor *CME* que el modelo lineal (73.10 y 89.67, respectivamente) por lo que se seleccionó este modelo. Todos los parámetros resultaron significativos. El análisis de los residuos de la 1° etapa no mostró un comportamiento errático para el modelo cuadrático ajustado. Mientras que en la 2° etapa el análisis de residuos mostró una mayor variabilidad en el primer pesaje para el modelo cuadrático ajustado (figuras 28 y 30). En las figuras 29 y 31 se presentan el comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático de ambas etapas, respectivamente.

En la tabla 27 muestran una síntesis de los resultados económicos de ambas etapas.

Tabla 27: Costo directos de producción

	1° etapa	2° etapa
Costo del sorgo BMR (USD ha <sup>-1</sup> )	156.00	156.00
Personal (USD ha <sup>-1</sup> )	2.7 <sup>1</sup>	1.9 <sup>2</sup>
Total Costos Directos(USD ha <sup>-1</sup> )	158.70	157.90
Kilos de carne ha <sup>-1</sup>	351.00 kg carne ha <sup>-1</sup>	248.62 kg carne ha <sup>-1</sup>
Costo de Producción (USD kg producido <sup>-1</sup> )	<b>0.45</b>	<b>0.63</b>

(1) (1° etapa)  $10 \times 0.27\%$  del año (99 días/365 días)= 2.7

(2) (2° etapa)  $10 \times 0.19\%$  (69 días/365)= 1.9

Los costos de producción fueron consistentes con otros trabajos realizados en sistemas de engorde pastoril, donde el forraje fresco fue integrante exclusivo en la dieta (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Oliverio 2010).

#### V° Trabajo experimental

### ***III.2.2 Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) diferidos –heno en pie- junto a un cereal forrajero invernal***

En el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) las condiciones de suelo y clima son desfavorables para la agricultura por la escasa profundidad de los suelos, 30-70

cm, y las reducidas precipitaciones (el valor medio de los últimos 10 años fue de 633.10  $\pm$ 110 mm) (figura 12). En esta realidad los planteos ganaderos, especialmente de cría bovina, encontraron un sitio para instalarse y desarrollarse. No obstante, estas condiciones adversas limitan, también, a la producción de forraje y con ella la producción de carne (Recavarren y Juarros 2008).

Para hacer frente a la situación presentada anteriormente, se diseñó un experimento que consistió en *diferir* un cultivo de sorgos nervadura marrón o *BMR*, el cual fue pastoreado junto con un forraje fresco. Se entiende por cultivo diferido aquel que se deja, ex profeso, “intacto o en pie” en el potrero para ser consumido en otra época del año, en este caso se dejó para el otoño e invierno con plantas secas (por heladas y/o fuertes sequías) (García *et al.* 2007). Estos sorgos diferidos poseen niveles muy bajos de proteína bruta (6-8%). Por dicho motivo es imprescindible adicionarle a estos sorgos una fuente rica en proteína (forraje fresco o subproductos proteicos de agroindustria o concentrado con urea) para mejorar la repuesta productiva (Aello y Dimarco 2004).

### **III.2.2.1 Materiales y métodos**

Este trabajo se instaló en Villa Iris, (partido de Puán, Buenos Aires). El experimento estuvo dividido en 2 etapas. La dieta estaba integrada por sorgo *BMR diferido* y avena (*Avena sativa*) como cereal forrajero invernal. La extensión del ensayo fue de 93 días en la primera etapa (24/05 al 25/08/2006) y 125 días en la segunda (3/05 al 6/09/2007).

En ambas etapas, se sembró la misma superficie de sorgo *BMR* (35 ha) + avena vc. cristal (35 ha). Las fechas de siembras fueron de los sorgos *BMR* (20 y 28 de noviembre de 2005 y 2006, en la 1ª y 2ª etapa, respectivamente) y las avenas (15 y 25 de febrero de 2006 y 2007, respectivamente). La tecnología aplicada en la siembra de los forrajes fue similar en ambas etapas y estuvo compuesta por 2 laboreos con rastra de disco y la siembra con sembradora de grano fino. No se usaron fertilizantes ni herbicidas.

Las avenas fueron pastoreadas a comienzo de la fase de encañazón (Z1.5 a Z2.3 según escala de Zadoks, FAO 2010), entre 50 a 70 días posteriores de la fecha de siembra, y



permanecieron en ese estado hasta finalizar en ensayo. Todos los forrajes fueron pastoreados en una sola oportunidad debido a las adversas condiciones climáticas y de suelo. Mientras que los sorgos BMR estaban secos en el potrero (heno en pie). A ambos cultivos se los pastoreo haciendo parcelas diarias con alambrado eléctrico, ajustando el tamaño de la parcela de acuerdo a la producción de forraje imperante.

En la primera etapa se utilizaron 111 becerros Angus con un peso inicial de  $167 \pm 15$  kg PV becerro<sup>-1</sup> y en la segunda, 276 becerros Angus con un peso de  $163 \pm 18$  kg PV becerro<sup>-1</sup>. Mientras que el peso a la finalización del ensayo fue  $223.0 \pm 12.15$  y  $251.0 \pm 16.41$  kg. PV animal<sup>-1</sup>, respectivamente. La carga animal fue de 1.58 cabezas ha<sup>-1</sup> o  $308.1 \pm 21.33$  kg PV ha<sup>-1</sup> y 3.90 cabezas ha<sup>-1</sup> o  $807.3 \pm 28.14$  kg PV ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El forraje asignado por animal fue de 4.70 y 3.60 kg MS cada 100 kg PV día<sup>-1</sup>, respectivamente.

En las figuras 17 y 18 se presentan las precipitaciones, temperaturas mínimas y heladas ocurridas durante los 2 años evaluados, respectivamente.

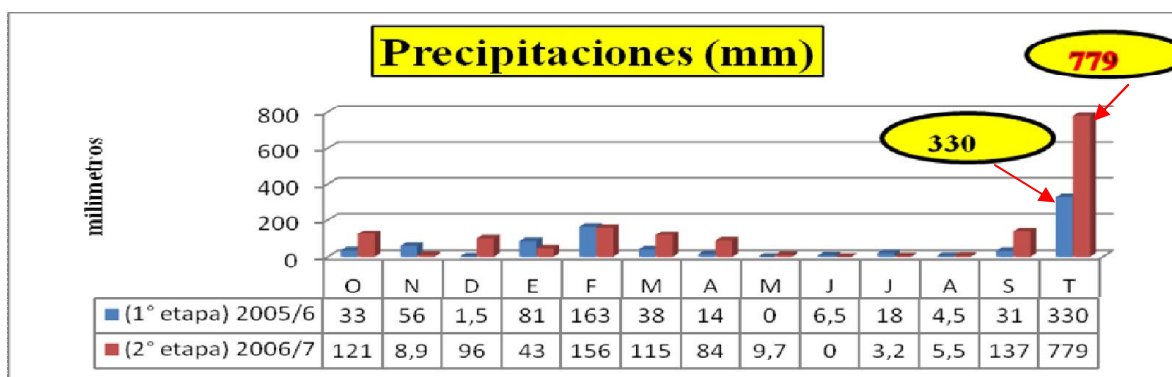


Figura 17: Precipitaciones caídas durante el ensayo (en mm)

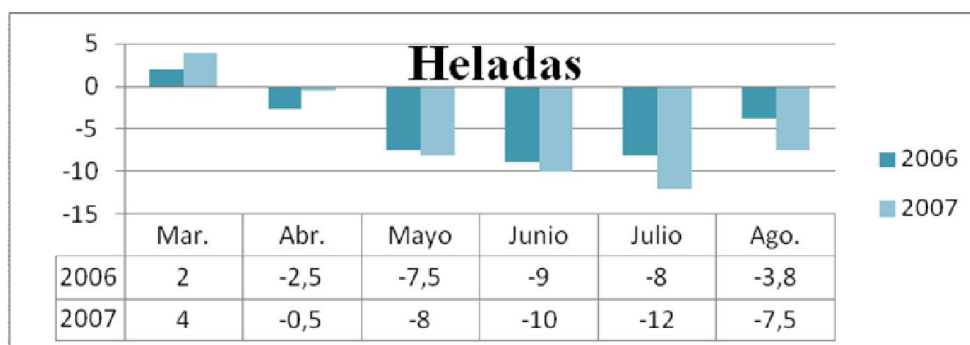


Figura 18: Heladas y temperaturas mínimas (grado centígrado -°C-)

La unidad experimental fue el animal con 20 repeticiones, habiéndose seleccionados los animales al azar. Para encontrar el modelo de mejor ajuste a la variable peso vivo, en ambas etapas, se probaron todos los modelos.

Los costos directos (USD ha<sup>-1</sup>) de implantación de la avena y sorgo *BMR*, gastos de sanidad y personal utilizados para elaborar los costos directos de producción (tabla 32) fueron:

\*Costo de la avena: 48 USD ha<sup>-1</sup> \*Costo del sorgo *BMR*: 73 USD ha<sup>-1</sup>

\*Costo de personal: 10 USD ha<sup>-1</sup> \*Costo de sanidad: 5 USD ha<sup>-1</sup>

### III.2.2.2 Resultados

En las tablas 28 y 29 se describen los análisis químicos medios de los sorgos *BMR* y de las avenas utilizadas en ambas etapas, respectivamente. Los valores de los parámetros nutricionales de los sorgos y avenas, de ambas etapas, no tuvieron diferencias significativas.

Tabla 28: Análisis químicos de los sorgos *BMR* diferido

Etapas	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	EM (MJ/kg MS)	CNES (%)	Almidón (%)	FDN (%)	LDA (%)
1° Etapa	45.10 (14.85)	8.77 (1.82)	70.77 (4.20)	10.67 (0.15)	12.99 (0.90)	9.05 (0.88)	60.95 (3.21)	3.54 (0.24)
2° Etapa	47.2 (16.30)	8.36 (1.59)	69.62 (4.61)	10.51 (0.16)	12.05 (1.28)	9.59 (0.94)	61.55 (2.2)	3.72 (0.25)
EE (±)	9.00	0.98	2.55	0.09	0.64	0.52	1.58	0.14

EE: error estándar Desvíos estándar entre paréntesis

Tabla 29: Análisis químicos de las avenas

Etapas	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	EM (MJ/kg MS)	CNES (%)	FDN (%)
1° Etapa	27.92 (6.41)	13.64 (3.76)	79.42 (1.90)	11.97 (0.07)	14.27 (4.04)	37.8 (3.18)
2° Etapa	26.07 (14.27)	13.60 (5.59)	80.28 (2.76)	12.14 (0.09)	19.60 (8.03)	37.13 (5.00)
EE (±)	6.38	2.64	1.67	0.06	3.59	2.25

EE: error estándar Desvíos estándar entre paréntesis

Los sorgos *BMR* diferidos, en ambas etapas, tuvieron alta calidad nutricional influenciada por los altos niveles de digestibilidad y azúcares solubles y baja proporción de *FDN* y de

lignina (tabla 28). Mientras que la calidad de las avenas sufrieron los efectos de las fuertes heladas, afectando especialmente los niveles proteicos (tabla 29).

La producción de forraje de ambos cultivos fue 1.100 y 1.500 kg *MS* ha<sup>-1</sup> de avena y 3.500 y 4.100 kg *MS* ha<sup>-1</sup> del sorgo *BMR* diferido, para la primera y segunda etapa, respectivamente. En la segunda etapa la producción de forraje, tanto de la avena como del sorgo *BMR*, fue muy superior a la primera ( $P < 0.05$ ) debido a las mayores precipitaciones caídas (figura 17), a pesar que en ese año hubo mayores heladas (figura 18). Las bajas producciones en *MS* de ambos cultivos fueron producto de las condiciones climáticas adversas (sequías y heladas) y suelos con grandes limitantes (profundidad y fertilidad).

Los consumos promedio del cultivo de avena para la primera y segunda etapa no difirieron significativamente. Mientras que los consumos del sorgo *BMR* diferido, promedios de ambas etapas, mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Los consumos totales fueron 5.60 y 6.38 kg *MS* cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 2.87 y 3.20% PV, respectivamente (tabla 30). La eficiencia de cosecha (aprovechamiento), media, alcanzada para la avena y el sorgo *BMR* diferido, en ambas etapas del ensayo, fue del 70% y 60%, respectivamente.

En las tablas 30 y 31 se presenta el balance energético-proteico de la dieta y la evolución de los pesos vivos de ambas etapas, respectivamente.

Tabla 30: Balance Energético-Proteico entre requerimientos y aportes de nutrientes por la dieta.

		Materia Seca (kg MS cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Proteína Bruta (kg PB cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Energía Metabolizable (MJ EM día <sup>-1</sup> )
1° etapa	Requerimientos	5.74	0.65	59.87
	Aporte Avena	2.10	0.26	25.14
	Aporte Sorgo BMR diferido	3.50	0.31	37.34
	<b>Balance</b>	<b>- 0.14</b>	<b>-0.08</b>	<b>+2.61</b>
2° etapa	Requerimientos	6.80	0.75	70.34
	Aporte Avena	2.30	0.31	27.92
	Aporte Sorgo BMR diferido	4.08	0.34	42.88
	<b>Balance</b>	<b>- 0.42</b>	<b>-0.10</b>	<b>+0.46</b>

NRC, 2001

Tabla 31: Comportamiento productivo del módulo experimental (1° y 2° etapa)

Etapas	Ganancia diaria de peso (kg cab. <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
1° Etapa	<u>0.602</u> (0.22)
2° Etapa	<u>0.704</u> (0.105)

Desvíos estándar entre paréntesis

Las producciones de carne fueron 106.40 y 343.98 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, estuvieron muy influenciadas por las ganancias de peso y la carga animal de cada etapa. Mientras que las *eficiencias de conversión* fueron de 9.50 y 9.66 kg de MS de alimentos kg producido<sup>-1</sup>, respectivamente.

En las tablas 44 y 45, se presentan los resultados de los criterios estadísticos para los modelos ajustados para la primera y segunda etapa, respectivamente. En la primera etapa fue seleccionado el modelo cuadrático debido que tuvo más alto el coeficiente de determinación  $R^2$  (0.94 y 0.87, respectivamente) y más bajo el *CME* (29.52 y 65.99, respectivamente). Mientras que en la segunda etapa se seleccionó el modelo lineal porque todos sus parámetros fueron significativos a pesar de que los  $R^2$  y *CME* fueron similares (0.99 y 10.25, respectivamente). El análisis de residuos de la primera etapa mostró mayor variabilidad en los dos primeros pesajes para el modelo cuadrático seleccionado (figura 32). En tanto, en la segunda etapa el análisis de residuos realizado no mostró comportamientos erráticos en el modelo cuadrático ajustado (figura 34). En las figuras 33 y 35 se presentan el comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático para la 1° y 2° etapa, respectivamente.

En tanto, en la tabla 32 se presentan los *costos directos de producción* (USD kg producido<sup>-1</sup>) de c/u de los años en estudio. Se observó que el *costo de producción* de la 2° etapa fue muy inferior al obtenido en la primera. Este resultado fue producto de una mayor carga animal, de una mayor *ganancia de peso* y de una mayor extensión del trabajo que se logró en la segunda etapa. Los costos de producción fueron consistentes con otros trabajos realizados con forrajes diferidos y un cereal forrajero invernal (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Oliverio 2010).

Tabla 32: Costo directos de producción

	1° etapa	2° etapa
Costo del Sorgo BMR (USD ha <sup>-1</sup> )	73	73
Costo de la Avena (USD ha <sup>-1</sup> )	48	48
Personal (USD ha <sup>-1</sup> )	2.5 <sup>1</sup>	3.4 <sup>2</sup>
Sanidad (USD ha <sup>-1</sup> )	1.25 <sup>1</sup>	1.7 <sup>2</sup>
Total Costos Directos (USD ha <sup>-1</sup> )	124.75	126.10
Kilos de carne producido ha <sup>-1</sup> (Kg ha <sup>-1</sup> )	106.40	343.98
Costo de Producción (USD kg producido <sup>-1</sup> )	<u>1.17</u>	<u>0.37</u>

(1) (1° etapa) 10 x 0.25 % del año (93 días/365 días)= 2.5    5 x 0.25% del año= 1.25

(2) (2° etapa) 10 x 0.34% (125 días/365)= 3.4    5 x 0.34%= 1.70

### III.2.3 Discusión general del II° Eje experimental

#### III.2.3.1 De los Sorgos *BMR* como “pastoreo fresco”

En pastoreo directo la asignación de forrajes frescos y los niveles de *MS* que favorecen el máximo consumo voluntario debería ser igual o superior a 3.50 kg *MS* cada 100 kg *PV* y entre 20-22% de *MS*, respectivamente (Cangiano 1997, Romera *et al.* 2008 y Ferragine 2009). Lo que estarían indicando que en este ensayo tanto la asignación de forraje como el nivel de *MS* fueron apropiados para que los animales alcanzaran el máximo consumo de *MS*.

En la 1° etapa debido a condiciones climáticas adversas (fuertes calores) el primer pastoreo se empezó a comer un poco retrasado, con 1 metro de altura, afectando el nivel **proteico** (10.38%) del forraje. A pesar de ello, se obtuvo una alta *ganancia de peso* promedio (0.788 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). Este comportamiento se debió a la muy buena calidad del forraje, alcanzado en ese pastoreo, expresado por los altos niveles de digestibilidad (76.10 %) y azúcares solubles (18.0%) y moderados de almidón (7.0%) y *FDN* (55.40%). Sin embargo, estas altas ganancias estarían evidenciando una metabolización de tejidos, especialmente, piel para cubrir el nitrógeno faltante en la dieta (Dimarco 1998). Mientras que los altos niveles proteicos del 2° y 3° pastoreo, siempre de la 1° etapa, (19.0 - 20.0%), debieron provocar grandes pérdidas de nitrógeno en orina, al menos el 30% del nitrógeno dietario consumido (Elizalde *et al.* 1994). Además, cuando hay un exceso de proteína en la dieta puede tener un efecto negativo en la ganancia de peso y en la retención de grasa, al aumentar el nivel de amoníaco en rumen, el cual puede afectar negativamente la liberación de insulina y el metabolismo de la glucosa (Fernández *et al.* 1990). Si bien los niveles de amoníaco en rumen

no se midieron, esto podría explicar la menor *ganancia de peso* ( $0.667 \text{ kg cab}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) obtenida en el 3° pastoreo (1° etapa).

En tanto, en la 2° etapa, se observa un comportamiento **proteico** irregular. Mientras que en el primer pastoreo los niveles de proteína del forraje fueron muy altos (19.60%) para una planta C<sub>4</sub> (Galli 1996), pudiendo ocurrir lo enunciado en el párrafo anterior, los valores del 2° y 3° pastoreo (10.44 y 8.69%, respectivamente) fueron insuficientes para cubrir los requerimientos de estos animales (Dimarco 1994). Cuando el forraje fresco tiene un contenido proteico inferior al 11% puede haber deficiencias de *N* a nivel ruminal para la síntesis de proteína microbiana (Hoover y Stokes 1991). Además, ese cuadro –falta de *N*– afecta tanto la digestibilidad de la dieta como el consumo de *MS* por parte del animal (Elizalde 1990). Sin embargo, las *ganancias de peso* fueron muy altas, especialmente, en la 3° pesada ( $1.174 \text{ kg cabeza}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) lo que estaría sugiriendo una movilización de tejidos para cubrir el faltante de *N* (Dimarco 1994).

En lo que respecta a la **digestibilidad** *in vitro* de la *MS*, media de ambas etapas y durante todo el aprovechamiento del sorgo fue excelente ( $76.90 \pm 2.71\%$ ), muy superior a los sorgos forrajeros tradicionales “tipo sudan” (Fernández Mayer y Vitali 2005, Cordes 2008 y Murray *et al.* 2010). Este comportamiento puede ser una evidencia del efecto de los genes *BMR* sobre el menor depósito de lignina y el incremento en la digestibilidad que estos sorgos alcanzan respecto a esos Sorgos forrajero (*sudan grass*) (Aello y Dimarco 2004 y Allende *et al* 2007). Por cada punto de reducción en el contenido de lignina se incrementarían 2 a 3 puntos en la digestibilidad de la *MS*, alcanzando entre 15 al 20% mayor digestibilidad que los sorgos forrajeros comunes (Spada y Mombelli 2007 y Giorda y Cordes 2009). Berti 2010 encontró que para obtener una *ganancia de peso* superior a los 700 gramos diarios con sorgos forrajeros es necesario que la digestibilidad de la *MS* y proteína bruta sea igual o mayor a los 72 y 11%, respectivamente, con una asignación forrajera igual o mayor a 3.5 kg *MS* cada 100 kg PV<sup>-1</sup>. Estos niveles se han conseguido en este trabajo.

Mientras que los **azúcares solubles** (*CNES*) tuvieron un comportamiento variable, muy influenciado por las condiciones climáticas y el estado del sorgo. La energía, producto de la

degradación de la materia orgánica y de los *CNES*, estaría generando un ambiente metabólico adecuado para explicar las altas *ganancias de peso* obtenidas sin el agregado de ningún concentrado (Dimarco 1998 y Berti 2010). Ambos parámetros (digestibilidad y *CNES*) serían los que más se diferencian respecto a un sorgo forrajero tradicional (*sudan grass*), aún de aquellos que son azucarados, y explicarían las altas respuestas en producción de carne o de leche que se obtienen con estos materiales (*BMR*) (Murray *et al.* 2010).

En tanto si se analiza el comportamiento del **almidón**, la información obtenida confirmaría de que existe almidón en el forraje fresco, especialmente en el tallo, contrariando muchas informaciones que señalan que el almidón se puede encontrar, exclusivamente, en los granos o tubérculos (Della Valle *et al.* 1998). De acuerdo a la concentración de almidón (5.0 y 6.03, respectivamente) que tuvieron los sorgos, los consumos en este nutriente alcanzaron a 500 y 650 gramos cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente. El almidón ingerido pudo haber acelerado el engrasamiento subcutáneo y, de esa forma, facilitar la terminación de los animales con 396 y 402.5 kg cabeza<sup>-1</sup>, respectivamente, sin el agregado de ningún concentrado (Aello y Dimarco 2004).

Los niveles de *FDN* aumentaron a medida se avanzaba la madurez del cultivo (Galli 1996 y Fernández Mayer 2006). Sin embargo, la evolución de la **lignina** no siguió ese mismo razonamiento ya que a medida que los sorgos se envejecían los niveles de lignina se redujeron en lugar de aumentar. No obstante, este particular comportamiento puede deberse al efecto de los genes “*BMR*” de estos sorgos que generan una menor síntesis y depósito de lignina (Giorda y Cordes 2009).

Morrison *et al.* (1998) demostraron que la presencia física y la cantidad total de lignina en las paredes celulares vegetales no eran suficiente para explicar el fenómeno de inhibición de la fermentación microbiana ruminal de los polisacáridos de la pared celular, como se consideraba hasta ese momento, sino que se debían tener en cuenta las variaciones en la composición monomérica de la lignina, ya que la condensación de estos monómeros fenólicos puede producir polímeros de lignina, extremadamente, complejos y diferentes en su composición y estructura. Estos influyen, de forma muy variable, en la digestión de los

forrajes por los rumiantes (Balakshim *et al.* 2004, Poerschmann *et al.* 2005 y Christiernin 2008 y Valenciaga *et al.* 2009). Si bien estos parámetros no se evaluaron en estos trabajos, podrían ser una explicación de la mayor digestibilidad de los sorgos *BMR* y del comportamiento productivo que estos promueven, además, de la menor proporción de lignina que tienen en el seno de la planta.

Las *eficiencias de conversión* fueron adecuadas para un sistema pastoril utilizando plantas  $C_4$  (Aello y Dimarco 2004). Todo esto permitió que los *costos directos de producción* alcanzados fueran muy apropiados dentro de un sistema pastoril sin suplementación adicional (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Resch 2010).

### **III.2.3.2 De los sorgos *BMR* diferidos (heno en pie) junto con cereal forrajero invernal**

Los sorgos *BMR* diferidos, en ambas etapas del ensayo, tuvieron una alta calidad nutricional, expresada por los altos niveles de digestibilidad y azúcares solubles (70.77%, 69.62% y 12.99%, 12.05%, respectivamente) y baja proporción de *FDN* y de lignina (60.95%, 61.55% y 3.54%, 3.72%, respectivamente). Todos estos parámetros alcanzaron valores muy adecuados y se explicarían por la presencia de los genes *BMR* (Romero *et al.* 2008, Giorda y Cordes 2005, Spada y Mombelli 2007, Giorda y Cordes 2009 y Murray *et al.* 2010).

La respuesta productiva de los animales que consumen sorgo *BMR* diferido está íntimamente correlacionada con el aporte proteico que reciben en la dieta (De León *et al.* 2005, García *et al.* 2007, Romero 2008 y Fernández Mayer 2009). En este experimento, las condiciones climáticas adversas (sequía y fuertes heladas) afectaron el comportamiento productivo y los niveles proteicos, medios, de las avenas (13.64 % y 13.60%, respectivamente), en especial, al final del ensayo (10.6 y 8.8 % PB, respectivamente) manteniendo altos niveles de digestibilidad y *CNES* (79.42, 14.27 % y 80.28, 19.60%, para digestibilidad y *CNES* en la 1° y 2° etapa respectivamente). Aún así, se obtuvieron muy apropiadas *ganancias de peso* (0.602 y 0.704 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente) (Santini 2004, Spada y Mombelli 2007, Cordes 2008 y Romero 2008).



El balance de las dietas, de ambas etapas de este ensayo, arrojó pequeños déficit proteicos (-0.08 y -0.10 kg *PB* cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente) que no alteraron las ganancias obtenidas. Las ganancias de peso podrían haber sido superiores si el aporte proteico de los forrajes frescos hubiera sido mayor (Arelovich *et al.* 1993). No obstante, este trabajo se diseñó para evaluar la respuesta productiva y económica de animales comiendo forrajes expuestos a las amenazas propias de regiones marginales (sequía, heladas y suelos poco profundos). Por ello no se agregó ningún concentrado proteico para mejorar la respuesta productiva. Es quizás éste uno de los temas que queda para evaluar en un futuro.

La alta carga animal, especialmente en la segunda etapa del ensayo (3.9 cabezas ha<sup>-1</sup>), permitió alcanzar una producción de carne muy alta (343.2 kg ha<sup>-1</sup>) compatible con planteos productivos intensivos con forrajes de alta calidad (Rearte 2010).

En cuanto al resultado económico de este ensayo, se observó que el *costo directo de producción* de la 2° etapa fue muy inferior al obtenido en la primera (0.37 vs 1.17 u\$s kg<sup>-1</sup>, respectivamente). Este resultado fue producto de una mayor carga animal (3.9 vs 1.9 cabezas ha<sup>-1</sup>), de una mayor *ganancia diaria de peso* (0.704 vs 0.602 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y de una mayor extensión del trabajo (125 vs. 93 días), respectivamente. El *costo de producción*, especialmente de la 2° etapa, fue muy adecuado para la realidad económica de Argentina y de otros países (Delgado 2006 y Resch 2010).

#### **III.2.4 Conclusiones del II Eje experimental**

Después de presentar y discutir los resultados de los diferentes experimentos realizados con sorgos *BMR*, tanto en pastoreo directo como diferidos, se pueden hacer algunas consideraciones:

1. La calidad nutricional de los sorgos *BMR*, en cualquiera de sus variantes, es muy superior a la de los sorgos forrajeros tradicionales (*Sudan grass*) (15 al 20% mayor digestibilidad de la *MS*), debido a la menor cantidad de lignina.
2. La utilización de los sorgos *BMR* como forraje fresco permitió superar los 700 gramos de ganancia diaria y terminar animales con un peso de 380-420 kg cab<sup>-1</sup>.

3. La respuesta productiva y económica al empleo de sorgo *BMR* diferido junto a un cereal forrajero invernal, sin ningún concentrado, fueron muy adecuadas para regiones subhúmedas o semiáridas.
4. La mayor calidad de los sorgos *BMR* diferidos se transforma en producción de carne siempre que esté acompañado de un adecuado aporte proteico (forraje fresco o suplemento proteico), manejo (intensidad de pastoreo) y disponibilidad de pasto ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ).

En resumen, los sorgos *BMR* podrían ser una alternativa viable para aquellas regiones que son afectadas, frecuentemente, por adversidades climáticas (sequías o heladas) u otras inclemencias que limitan la calidad y cantidad de estos sorgos. El menor costo directo de producción hace posible la implementación de esta tecnología, aún, en aquellas explotaciones ganaderas con menores recursos económicos y financieros.

### **3° Eje experimental**

#### ***Rol del grano de sorgo con altos taninos como concentrado energético en dietas para bovinos para carne***

##### **VI° Trabajo experimental**

#### ***III.3 Respuesta productiva de novillitos Angus colorados puros y cruza x Shorthorn en pasturas y suplementados con grano de sorgo con alto tanino***

En los últimos años se encontró un rol muy importante del grano de sorgo con altos niveles de taninos (*GSat*), por efectos directos (el aporte del almidón) que provoca altas tasas de crecimiento y ceba (Rearte y Santini 1996 y Juan et al 1997) e indirectos (control de parásitos gastrointestinales, uso eficiente de la energía metabólica, reducción del timpanismo, etc.) (Min y Hart 2003, Conti *et al.* 2007 y Gurbuz 2009).

En los sistemas pastoriles, la utilización de una adecuada suplementación energética incrementa las ganancias de peso y la carga animal, ambos parámetros reducen la duración de la ceba y producen incrementos significativos en la producción de carne por hectárea. Estos resultados se explican por el mejor balance de nutrientes aportado por el suplemento energético a la dieta pastoril (Rearte y Santini 1996 y Rosso *et al.* 1997).

El grano de sorgo se destaca por sus características nutricionales y por ser un cultivo más tolerante al estrés hídrico, requiriendo un 30% menos agua por kilo de *MS* producida respecto al maíz. Esto le confiere mayor seguridad de cosecha y menor costo que aquel para muchas regiones agro ecológicas del mundo (Romero *et al.* 1996,1; 2 y Romero *et al.* 1997 y Bragachini *et al.* 1997).

Además, los buenos resultados que se están obteniendo en el engorde de bovinos con el empleo del *GSat* (8 a 14 gramos de taninos por kilo *MS*, Makkar 2003) es uno de los factores que explicaría la gran demanda de este grano en los últimos tiempos (Zamora *et al.* 2009 y Massigoge *et al.* 2009).

Con estos antecedentes, se desarrolló un experimento en 2 etapas para evaluar la respuesta productiva y económica de novillos de Aberdeen Angus colorado (*AAC*) y la cruce de Angus x Shorthorn (*AACxSh*), ambas razas británicas de biotipo chico-mediano, y los efectos del *GSat*, como suplemento energético, sobre la producción de carne en pasturas a base de alfalfa.

### III.3.1 Materiales y métodos

En ensayo se realizó en el campo experimental-demostrativo “Cesareo Naredo” del INTA Bordenave en Guaminí (Buenos Aires). Las precipitaciones caídas en las dos etapas del experimento se describen en la figura 19.

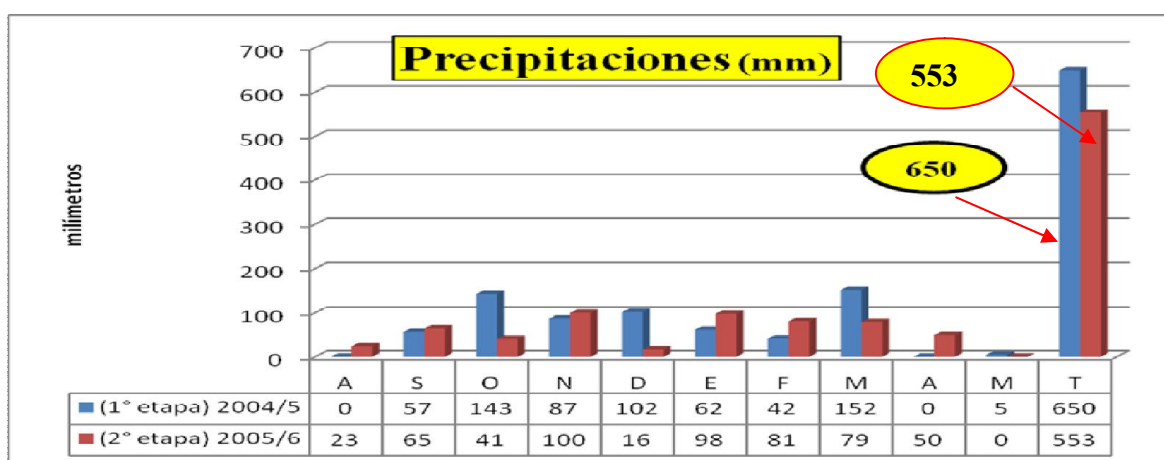


Figura 19: Precipitaciones caídas durante el ensayo (en mm)

El trabajo estuvo conformado por 2 etapas: la primera tuvo una duración de 254 días (03/09/2004 al 15/05/2005) y la segunda duró 247 días (06/08/2005 al 10/04/2006). En la primera etapa se utilizaron 38 becerros de razas británicas, divididos en 2 tratamientos: T<sub>1</sub>: 20 becerros Angus puro (*AAc*) (183.4 ±15 kg PV cab.<sup>-1</sup>) y T<sub>2</sub>: 18 becerros Angus x Shorthorn (*AAcxSh*) (183.6±10 kg PV cab.<sup>-1</sup>). Mientras que en la segunda etapa, se utilizaron 45 becerros *AAcxSh* distribuidos en un solo tratamiento, con un peso medio de 218.4 ±22 kg PV cabeza<sup>-1</sup>. El peso de los novillos a la finalización del ensayo fue 410.10 ±12.85 y 457.90 ±16.79 kg. PV animal<sup>-1</sup>, para la 1° y 2° etapa, respectivamente. Se aplicaron vacunas convencionales (mancha, gangrena gaseosa y enterotoxemia) y antiparasitarios estratégicos. La carga animal resultante fue, en la 1° etapa 2.0 cabezas ha<sup>-1</sup> ó 593.6 kg PV ha<sup>-1</sup>, y en la 2° etapa 2.37 cabezas ha<sup>-1</sup> ó 801.53 kg PV ha<sup>-1</sup>.

En ambas etapas, la superficie utilizada fue de 19 ha (14 ha ocupadas por una Pastura polifítica y 5 has -equivalente al grano de sorgo empleado y ponderado en hectáreas<sup>1</sup>-). La pastura polifítica, integrada por especies C<sub>3</sub>, en la primera etapa se utilizó una pastura sembrada en el año 2000 y en la segunda en el 2004. La composición vegetal fue similar en ambas etapas: alfalfa (*Alfalfa sativa*) (5 kg ha<sup>-1</sup>), trébol rojo (*Trifolium repens*) (1 kg ha<sup>-1</sup>) y cebadilla despuntada (*Bromus unioloides*) (5 kg ha<sup>-1</sup>).

El grano de sorgo, seco y molido, usado en este experimento tuvo un alto contenido de taninos condensados (*GSat*) (11±0.40 y 10.8±0.08 g de taninos kg de grano<sup>-1</sup>, respectivamente). Además, durante los primeros 30 días de iniciado y anteriores a finalizar el ensayo se ofreció heno, obtenido de la misma pastura, al disminuir la producción de *MS* de la alfalfa, propio de la salida del invierno y entrada al otoño de la región en cuestión.

La unidad experimental utilizada en este ensayo fue el animal, evaluándose 20 becerros (repeticiones). Para encontrar el modelo de mejor ajuste a la variable PV en los genotipos utilizados, en los dos años estudiados se probaron los modelos lineales y no lineales. Los criterios estadísticos usados fueron: R<sup>2</sup>, nivel de significación del modelo completo, Cuadrado medio del error (CME) y Análisis de residuos.

(1) (Kg. de grano cabeza<sup>-1</sup> x n° de animales)/6.400 kg de grano hectárea<sup>-1</sup>= superficie de sorgo (en hectárea)

Los costos directos (USD ha<sup>-1</sup>) de los insumos (alimentos), gastos de sanidad y personal utilizados para elaborar los costos directos de producción (tabla 37) fueron:

\*Grano de sorgo: 110 USD t<sup>-1</sup>

(1° etapa=2.0 cab ha<sup>-1</sup> x 0.11 USD kg<sup>-1</sup> x 754.0 kg=165.88 USD ha<sup>-1</sup>)

(2° etapa=2.37 cab ha<sup>-1</sup> x 0.11 USD kg<sup>-1</sup> x 835.0 kg=217.68 USD ha<sup>-1</sup>)

\*Heno de pastura: 40 u\$s heno<sup>-1</sup> (0.08 u\$s kg<sup>-1</sup>)

\*Pastura polifítica: 50 USD ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>—amortización anual—(200 USD/4 años de duración)

\*Costo de Personal: 10 USD ha<sup>-1</sup> \*Costo de Sanidad: 5 USD ha<sup>-1</sup>

### III.3.2 Resultados y discusión

En las tablas 33 se presentan los valores medios de los análisis de los alimentos utilizados, respectivamente.

Tabla 33: Análisis bromatológicos de los alimentos utilizados (1° y 2° etapa -en %-)

Alimentos	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	EM (MJ/kg. MS)	CNES (%)	FDN (%)	LDA (%)	Taninos (gr./Kg)
Pastura (1° etapa)	29.37 (0.82)	14.25 (0.47)	68.02 (0.47)	10.25 (0.02)	17.55 (0.45)	59.74 (0.84)	2.92 (0.12)	-----
Pastura (2° etapa)	27.88 (0.42)	13.44 (0.35)	65.44 (0.57)	9.88 (0.09)	13.42 (0.85)	62.22 (0.77)	3.25 (0.25)	-----
EE (±) Significancia	1.85 NS	1.54 NS	1.88 P<0,05	0,09 NS	0,272 P<0,01	2.08 NS	0.075 NS	
Heno de Pastura (1° etapa)	88.8 (0.56)	9.94 (1.06)	57.16 (0.36)	8.62 (0.01)	8.50 (1.0)	69.15 (0.5)	6.0 (0.2)	-----
Heno de Pastura (2° etapa)	89.22 (0.35)	7.88 (1.44)	54.05 (0.65)	8.16 (0.08)	5.50 (1.0)	67.98 (0.56)	5.4 (0.2)	-----
EE (±) Significancia	2.56 NS	1.55 NS	2.35 P<0,05	0,07 NS	1.07 P<0,05	2.47 NS	0.089 NS	
Grano de sorgo (1° etapa)	88.82 (0.72)	8.40 (0.21)	83.52 (1.07)	12.60 (0.04)	33.54 (1.24)	29.0 (0.8)	.....	11.0 (0.40)
Grano de sorgo (2° etapa)	88.15 (0.68)	7.55 (0.75)	84.85 (1.25)	12.77 (0.08)	23.54 (1.32)	28.22 (2.7)	.....	10.8 (0.08)
EE (±) Significancia	2.08 NS	1.78 NS	1.59 NS	0.05 NS	2.45 P<0,01	0.05 NS	-----	1.66 NS

EE: error estándar Desvíos estándar entre paréntesis

La producción de forraje de las pasturas fue 6.600 y 8.280 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El consumo total de grano de sorgo fue de 754.0 y 835.0 kg cabeza<sup>-1</sup> y el consumo medio fue

de 2.97 y 3.38 kg grano cabeza<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>, respectivamente en la primera y segunda etapa y no difirieron significativamente.

Los granos utilizados fueron molidos a un tamaño de partícula de alrededor de ± 2mm. De esta forma, se pudo favorecer una mayor degradabilidad ruminal de la *MS*, *PB* y del almidón (Montiel *et al.* 2002 y Stock y Mader 2006). En tanto, el consumo de heno de pastura fue 156.0 y 175.0 kg heno cabeza<sup>-1</sup>, respectivamente. El consumo total de 8.43 y 9.18 kg. *MS* cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 2.83 y 2.71% *PV*, respectivamente.

Las *eficiencias de conversión* alcanzadas (11.71, 10.06 y 9.35 kg de *MS* de alimentos kg producido<sup>-1</sup>, respectivamente) fueron adecuadas para un sistema pastoril con una moderada proporción de grano (Aello y Dimarco 2004). El balance energético-proteico de la dieta, para ambas etapas, arrojaron todos los valores levemente negativos que en términos teóricos no alteraron las altas ganancias de peso obtenidas en este trabajo (tabla 34).

Tabla 34: Balance Energético-Proteico entre requerimientos y aportes de nutrientes por la dieta.

		Materia Seca (kg MS cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Proteína Bruta (kg PB cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Energía Metabolizable (MJ EM día <sup>-1</sup> )
1° Etapa	Requerimientos	8.90	1.12	93.79
	Aporte Pastura	4.85	0.68	49.74
	Aporte Heno	0.61	0.06	5.27
	Aporte grano de sorgo	2.97	0.25	37.43
	Balance	- 0.47	-0.13	-1.35
2° Etapa	Requerimientos	9.40	1.14	101.74
	Aporte Pastura	5.10	0.68	50.41
	Aporte Heno	0.70	0.05	5.69
	Aporte grano de sorgo	3.38	0.25	42.93
	Balance	- 0.22	-0.16	-2.47

NRC, 2001

En la tabla 35 se presentan las ganancias de peso. Las diferencias observadas en las ganancias, entre ambas etapas de este ensayo, se pueden atribuir a la disponibilidad diferencial de las pasturas usadas. En la primera etapa estaba finalizando su ciclo productivo (5 años), mientras que en la segunda se utilizó una pastura nueva (1 año).

Tabla 35: Comportamiento productivo del módulo experimental (1° y 2° etapa)

		Ganancia diaria de peso (kg cab <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
1° etapa	<u>AA</u>	<u>0.901</u> (0.257)
	<u>AAxSh</u>	<u>0.882</u> (0.307)
2° etapa	<u>AAxSh</u>	<u>0.969</u> (0.239)

Desvío estándar entre paréntesis

Cuando se compararon los 2 tratamientos (Angus colorado puro y Angus x Shorthorn) de la primer etapa, los modelos no lineales no tuvieron ajustes significativos (tabla 46). Se evidencia que para ambos genotipos el modelo de mejor ajuste fue el modelo cuadrático al presentar alto coeficiente de determinación, alta significación estadística en el ajuste del modelo y bajo cuadrado medio del error con respecto a los restantes modelos. En las figuras 38 y 39 se muestran, para cada genotipo, el comportamiento de los valores originales y los valores estimados a través del modelo ajustado y en las figuras 36 y 37 se presentan el análisis de residuos que es otro de los criterios estadísticos utilizados.

Mientras que al comparar el comportamiento de los pesos vivos del mismo genotipo (Angus colorado puro x Shorthorn) en ambas etapas del experimento (tabla 47), se observa que en la 1° etapa presentó un mejor ajuste el modelo cuadrático, con alto coeficiente de determinación, ajuste a este modelo altamente significativo y menor cuadrado medio del error (figuras 40 y 42). Sin embargo, en la 2° etapa el modelo de mejor ajuste fue el modelo lineal con alto coeficiente de determinación, ajuste a este modelo altamente significativo y menor cuadrado medio del error (figuras 41 y 43). La selección del modelo lineal para el comportamiento PV en la 2° etapa se debió a que al analizar los residuos se observó que el modelo cuadrático no era adecuado, lo cual puede deberse a que los animales en esta segunda etapa comenzaron con un peso algo mayor, por lo que al terminar el experimento aun tenían posibilidades de seguir creciendo pues no habían expresado todo su potencial de crecimiento. Esto corrobora, que aunque el sistema de alimentación fue el mismo, la respuesta productiva (ganancia de peso) estuvo influenciada por efecto del vigor híbrido (cruzamiento), aún, siendo genotipos con líneas genéticas muy emparentadas (Mezzadra et al. 2003).

Las producciones de carne obtenidas en este trabajo fueron 452.87 y 567.24 kg ha<sup>-1</sup> para la 1° y 2° etapa respectivamente, superando, holgadamente, los valores medios (220 a 300 kg carne ha<sup>-1</sup>) obtenidos en empresas ganaderas del área en cuestión (región subhúmeda y semiárida) (Dimarco 1998, Aello y Dimarco 2004 y Rearte 2010).

Monje (2002) en ceba a corral con becerros de la misma raza, con similares pesos vivos y utilizando dietas con altos niveles de grano de sorgo, seco y molido, con altos niveles de taninos condensados (45% de la MS de la dieta) obtuvo una ganancia diaria de peso ligeramente superior (1.007 kg día<sup>-1</sup>) a la alcanzada en la 2° etapa de este ensayo. Las ganancias de peso alcanzadas en ambas etapas de este experimento son superiores a los observados en los sistemas pastoriles con suplementación estratégica en Argentina, donde la media para la región pampeana varía entre 0.400 a 600 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Rearte 2010).

Resultados similares a los obtenidos en este ensayo fueron alcanzados por varios autores como Moran y Wales (1992) con animales del mismo genotipo, Angus y peso medio, 300 kg PV. Estos autores usaron como base una pastura de mejor calidad –ray grass (*Ray grass var apanui*) + trébol blanco (*Trifolium repens*)- junto con ensilaje y grano de maíz (1.6% del PV) y una carga animal de 2.5 cabezas ha<sup>-1</sup>. Mientras que Lagrange *et al.* (2006) utilizando animales del mismo peso y raza, grano de sorgo, seco y molido, con altos niveles de taninos condensados suministrado al 1% del PV junto con avena (*Avena sativa*) y pasturas polifíticas (alfalfa + gramíneas templadas) alcanzaron una ganancia de peso de 1.18 ±0.04 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. La diferencia en producción de carne de este trabajo con el ensayo en cuestión se pudo deber a una mayor calidad nutricional de los forrajes frescos (avena y pastura) utilizados en este segundo experimento.

De todas las ganancias de peso del ensayo en estudio, las ocurridas durante los meses del verano fueron significativamente altas (± 1.0 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y relevantes para esa época del año, similar a las de primavera, en la que los pastos tienen un mejor balance entre CNES y PBS y una relación  $CNES\ PBS^{-1} > 1$  (Tomaso 2005 y Pordomingo *et al.* 2007). En cambio, los forrajes en el verano están, normalmente, desbalanceados con exceso de fibra (FDN > 60%), baja proporción de proteínas degradables en rumen (< 10%) y niveles



medios de *CNES* (8 al 12%) (Aello y Dimarco, 2004). Esta situación provoca ganancias de peso por debajo a los 600 gramos diarios sin el agregado de ningún concentrado corrector (Tas 2006 y Rueda *et al.* 2006 y Pordomingo *et al.* 2007).

Una de las explicaciones de estos resultados se puede deber al efecto multifactorial “positivo” de los taninos del grano de sorgo: a) como antiparasitario biológico (Min y Hart 2003), b) Por la disminución de la solubilidad y degradabilidad de las proteínas de la pastura de alfalfa, la cual es generadora de altas concentraciones de amoníaco ruminal y, por ende, más exigente en energía para detoxificar la urea metabólica (Conti *et al.* 2007) y c) Por una mayor eficacia energética de la dieta al reducirse la producción de metano (Makkar *et al.* 1995 y Gurbuz 2009). Todos estos factores pudieron haber jugado un rol muy importante en la producción de carne obtenida (Provenza *et al.* 1990, La O *et al.* 2001, Pordomingo *et al.* 2003 y Pordomingo *et al.* 2007). Estos efectos positivos de los taninos condensados contrastan con la información que plantea que estos polifenoles producirían una reducción en el consumo, de la digestibilidad de la proteína, materia seca y fracciones minerales (Cheeke y Palo 1995 y Ojeda *et al.* 2010). Además, de la pobre utilización del 50 a 80 % del fósforo total presente en los granos de cereal ocasionado por la presencia de complejos insolubles en ácido fítico ó fitatos (ácido myo-inositol hexafosfórico) (Godoy *et al.* 2005). En este trabajo no se observó ningún efecto negativo de los taninos sobre los parámetros evaluados.

A los efectos positivos de los taninos habría que sumarle la acción de algunas sustancias que tiene la alfalfa como las saponinas, lisinas, flavonoides, esteroides, etc. (Linaza 2010). Al igual que los taninos, las saponinas podrían tener incidencia en la mejora de la eficiencia en la utilización del alimento en rumiantes, aumentando el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno (Makkar *et al.* 1995 y Klita *et al.* 1996), siendo su efecto más evidente cuando ambas sustancias están presentes que por separado (Makkar *et al.* 1995). Asimismo, las saponinas junto con otros esteroides y polifenoles podrían ejercer un efecto defaunante sobre los protozoos del rumen. Estos protozoos, entre otras actividades, afectarían el crecimiento de las bacterias y hongos celulolíticos (Chongo *et al.* 1998 y Naranjo *et al.*

2009). Todas estas sustancias mejorarían el metabolismo energético del animal, y con él la respuesta productiva (Dimarco y Aello 2004).

En la tabla 36 se detallan los *costos directos de producción* de ambas etapas. Los resultados económicos obtenidos muestran valores muy adecuados para un sistema pastoril donde se destaca la utilización de forrajes frescos (Resch 2010).

Tabla 36: Costo directos de producción

	1° etapa	2° etapa
Costo del Grano de Sorgo (USD ha <sup>-1</sup> )	165.88	217.68
Costo de la Pastura polifítica (USD ha <sup>-1</sup> )	50.00	50.00
Costo de los henos (USD ha <sup>-1</sup> )	24.96	26.60
Personal (USD ha <sup>-1</sup> )	7.00 <sup>-1</sup>	6.8 <sup>-2</sup>
Sanidad (USD ha <sup>-1</sup> )	3.50 <sup>-1</sup>	3.4 <sup>-2</sup>
Total Costos Directos (USD ha <sup>-1</sup> )	251.34	304.49
Costo de Producción (USD kg producido <sup>-1</sup> )	<b>0.55</b> (251.34USD ha <sup>-1</sup> /452.87 kg ha <sup>-1</sup> )	<b>0.54</b> (304.49USD ha <sup>-1</sup> /567.24 kg ha <sup>-1</sup> )

(1) (1° etapa) 10 x 0.70 % del año (254 días/365 días)= **7.0** 5 x 0.70% del año= **3.5**

(2) (2° etapa) 10 x 0.68% (247 días/365)= **6.8** 5 x 0.68%= **3.4**

Los costos directos de producción fueron consistentes con otros trabajos realizados con pasturas y suplementos a base de granos de cereal (maíz o sorgo) (Rearte 2010).

### III.3.3 Conclusiones del III° eje experimental

1. El comportamiento productivo (ganancias de peso), la duración de la ceba y el *costo directo de producción*, mostraron indicadores muy adecuados a la suplementación con grano de sorgo con altos niveles de taninos durante todo el ciclo de ceba para un sistema pastoril.
2. Las ganancias de peso obtenidas durante el verano fueron muy superiores a las esperadas y constituyen un valioso antecedente para continuar esta línea de trabajo.
3. Durante ambas etapas del ensayo no se observó ningún efecto negativo de los taninos sobre los parámetros productivos evaluados.

## CAPÍTULO IV

### IV. ESTRATEGIAS DE MEJORA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### IV.1 Estrategias de mejora

Las dificultades impuestas por el clima y suelo en las regiones marginales del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), atentan contra la viabilidad de los sistemas productivos (Rearte 2010). Para hacer frente a estas adversidades es necesario obtener una adecuada respuesta productiva y económica en los planteos ganaderos. Una de las explicaciones de los resultados obtenidos en los 6 trabajos se puede deber a los altos consumos voluntario de *MS* que permitieron manifestar el potencial productivo de los animales.

##### IV.1.1 Consumo voluntario de MS

Los consumos voluntarios, medios, obtenidos en todos los ensayos se pueden considerar muy altos (2.76 % del peso vivo) (Aello y Dimarco 2004). Este comportamiento puede ser explicado por la calidad de la dieta:

- Los niveles de **digestibilidad** de los alimentos fibrosos fueron muy altos (promedio 75.68%). Los forrajes frescos (cereales forrajeros invernales y pasturas) tuvieron 76.54% y los sorgos *BMR* frescos 76.85% y los diferidos 70.2% (Cangiano 1997, Rojo et al 2000, Aello y Dimarco 2004 y Ruiz et al 2006).
- La **concentración energética** rápidamente disponible en rumen (*CNES*), los niveles proteicos solubles (*PBS*) y la relación entre ambos parámetros ( $CNES\ PBS^{-1}$ ) de los diferentes forrajes fueron muy adecuados. Los valores promedio de todos los trabajos fueron, 16.85 %, 11.45% y 1.47 para *CNES*, *PBS* y  $CNES\ PBS^{-1}$ , respectivamente. (Méndez y Davis 2003 y 2006, Rueda *et al.* 2006, Pordomingo *et al.* 2007 y Mac Loughlin 2010).
- Los niveles de **FDN**, medios, (47.37%) fueron muy apropiados para alcanzar altos consumos, permitiendo una alta tasa de pasaje y desaparición de la ingesta del rumen dentro de las 24 h de consumido (Rearte y Santini, 1996, Araujo Febres 2005).

Los altos consumos de MS generaron, entre otras cosas, ligeros excedentes proteicos y energéticos en los balances de las diferentes dietas. El amoníaco en exceso, luego de ser transformado a urea en el hígado, se expulsaría a través de la orina (Elizalde 2001). Mientras que la energía metabolizable excedente se distribuiría una parte para cubrir el gasto energético que demanda el traslado de los animales y otra para detoxificar el amoníaco (Dimarco y Aello 2002 y 2004). En caso de quedar un saldo positivo se eliminaría con la transpiración (Flamenbaum, 2009 y García *et al* 2010).

Para que estos altos consumos ayuden a mejorar la viabilidad de los sistemas productivos de estas regiones marginales es necesario que se articule una serie de estrategias de mejora, utilizando los recursos forrajeros disponibles localmente y reduciendo al máximo el consumo de suplementos (Rearte 2003 y Fernández 2009).

#### IV.1.2 Estrategias para mejorar la respuesta productiva y económica con cereales forrajeros invernales

Con el objetivo de alcanzar altas ganancias diarias de peso ( $> 0.900 \text{ kg cabeza}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) con la menor proporción de granos de cereal o sin ellos que permita alcanzar un costo directo de producción adecuado ( $< 1.0 \text{ USD kg}^{-1}$ ) se debería buscar que los cereales forrajeros invernales tengan una relación  $CNES \text{ PBS}^{-1}$  superior a 1.2; con un nivel proteico y asignación de forraje adecuados a la categoría animal en estudio (Tas 2006, Rueda *et al.* 2006, Pordomingo *et al.* 2007 y Mac Loughlin 2010). Estos parámetros nutricionales se alcanzarían cuando los cereales forrajeros invernales están encañados o panojados /espigados tempranamente.

##### IV.1.2.1 Estrategias de manejo

- La siembra de los cereales forrajeros invernales se debe hacer en fechas diferentes, en forma escalonada, (entre comienzo de febrero y marzo, fin del verano en el hemisferio sur), para que se vayan “encañando” en distintos momentos.
- Otra estrategia sería sembrar a todos los cereales forrajeros invernales en forma simultánea pero utilizando cultivares o variedades de distintos ciclos productivo o

fenológico con la finalidad que se vayan “encañando” en diferentes fechas (Tomaso 2005).

- En caso de tener varios potreros con cereales forrajeros invernales con diferente desarrollo se puede alternar en el mismo día uno que esté encañado (más energía) con otro que esté en estado de pasto (más proteína) (Fernández Mayer y Tomaso 2003).
- Si se dispone de un suelo de buena fertilidad o si se fertiliza con nitrógeno ( $N$ ) a la siembra y/o macollaje (con una dosis moderada de 40 a 60 kg N ha<sup>-1</sup>, según análisis de suelo) y las condiciones de humedad (precipitaciones) son favorables se adelanta el paso de la fase de macollaje a encañazón mejorando la concentración de azúcares solubles, y con ella, la respuesta productiva. Sin embargo, si se fertiliza con altos niveles de  $N$  (+ 60 kg N ha<sup>-1</sup>) se pueden producir efectos negativos, al incrementar la  $PBS$  en detrimento de los  $CNES$ , haciendo que la relación entre ambos parámetros se estreche ( $< 1.0$ ) y con ella se puede reducir, significativamente, la respuesta animal (ganancia de peso) (Méndez y Davis 2006).

#### IV.1.3 Estrategias para el mejor aprovechamiento de los sorgos *BMR*

Los sorgos nervadura marrón o *BMR* utilizados como forrajes frescos o diferidos (heno en pie) reúnen condiciones apropiadas de calidad y de producción de forraje (kg  $MS$  ha<sup>-1</sup>) para asegurar *ganancias diarias de peso* entre 0.7 a 0.9 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, sin el agregado de ningún concentrado corrector (Giorda y Cordes 2009).

##### IV.1.3.1 Estrategias de manejo para sorgos *BMR* como forraje fresco

- Debido a la alta calidad de estos sorgos (digestibilidad  $>$  al 75%), se deberían aprovechar con animales de altos requerimientos o potencial (becerros, vacas con el becerro, vacas lecheras en producción, ceba pastoril intensiva, etc.).
- La siembra de los sorgos *BMR* se debería hacer en forma escalonada (fechas diferentes), con 30 a 40 días de intervalo entre una y otra. El primer pastoreo se

debería empezar con 0.45 a 0.60 mts de altura y alta carga animal (4-6 cabezas de  $\pm 250-350$  kg PV ha<sup>-1</sup> o su equivalente con animales más pesados) (Berti 2010).

- Todos los pastoreos se deberían hacer con alambrado eléctrico y en parcelas para 2 a 4 días de duración (máximo), dejando un rastrojo sin comer no mayor a 20-25 cm de altura. El objetivo es reducir y emparejar el remanente para promover un rebrote sano y de alta calidad. En caso de que quede mucho material viejo, posterior al paso de los animales, se debería cortar ese remanente con alguna herramienta (picadora o guadañadora a hélice).
- En caso de requerirse mayores ganancias ( $> 0.900$  kg día<sup>-1</sup>) es necesario agregar algún grano de cereal en pequeñas proporciones ( $< 0.5$  % peso vivo) (Spada y Mombelli 2007 y Murray *et al.* 2010).

#### IV.1.3.2 Estrategias de manejo para sorgos BMR como forraje diferido o heno en pie

- Los sorgos **BMR diferidos**, debido a sus bajos niveles en proteína, se hace imprescindible agregar una fuente rica en nitrógeno (forraje fresco o suplemento) (Arelovich *et al.* 1993 y Aello y Dimarco 2004).
- La alternancia diaria entre un forraje fresco que tenga buen nivel proteico ( $>$  al 15%) y un sorgo **BMR** diferido (a la mañana uno y a la tarde el otro, respectivamente), permitiría obtener *ganancias de peso* entre 600 a 800 gramos diarios con una carga animal de 2 a 4 cabezas ha<sup>-1</sup> (160 a 200 kg PV). La carga varía de acuerdo a la disponibilidad de forraje, sin tener que suministrar ningún suplemento corrector.
- Si esas ganancias fuesen insuficientes o si se llegasen a usar animales más pesados, se debería agregar un suplemento proteico y/o energético apropiado a las características de la categoría animal que se vaya a usar y al estado del sorgo (cantidad y calidad), pero siempre en bajas proporciones (0.4 al 0.5% PV) (Giorda y Cordes 2009 y Murray *et al.* 2010).

#### IV.1.4 Estrategias para la utilización del grano de sorgo con altos taninos

La utilización estratégica y en bajas proporciones (0.5 al 0.8% del *PV*) del grano de sorgo con altos taninos permitiría balancear adecuadamente una dieta (Massigoge *et al.* 2009 y Zamora *et al.* 2009).

##### IV. 1.4.1 Estrategias de manejo

- Niveles entre 0.5 al 0.8% del peso vivo de granos de sorgo con altos niveles de *taninos condensados* (8 a 14 gramos por kilo *MS*, Makkar 2003) junto con un forraje fresco de buena calidad (> 65% de digestibilidad y > 14% de *PB*) permitiría alcanzar *GDP* superiores a 0.8 kg diario (Pordomingo *et al.* 2003, Rifell *et al.* 2004 y Massigoge *et al.* 2009).
- La respuesta en producción de carne de animales británicos, durante los meses del verano, puede ser muy alta (*ganancia diaria de peso* > 0.8 kg) cuando se suplementa a una pastura a base de alfalfa con grano de sorgo con altos taninos (0.5-0.8% *PV*).

En la tabla 37 (Anexo I) se presenta un resumen del comportamiento productivo y económico de los diferentes trabajos experimentales realizados en la tesis.

## IV. 2 Conclusiones generales y recomendaciones.

### IV.2.1 Conclusiones generales

1. El empleo de *cereales forrajeros invernales*, encañados o panojados tempranamente, (relación  $CNES\ PBS^{-1} > 1.2$ ) con una asignación de forraje igual o superior a 3.50 kg *MS* cada 100 kg *PV* día<sup>-1</sup>, suministrándolos solos o con granos de cereal (inferior al 0.5% del *PV*), permitió obtener altas *ganancias de peso* (0.8 a 1.3 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, según el caso).
2. La calidad nutricional de los sorgos *BMR*, en cualquiera de sus variantes, fue muy superior a la que caracteriza a los sorgos forrajeros tradicionales del mercado (tipo Sudan) (15 al 20% mayor digestibilidad de la *MS*), debido a la menor concentración de lignina (< 4%) que tienen en sus tejidos.

3. El empleo de los sorgos *BMR*, como forraje fresco o diferido, permitió sostener una carga animal de 1.9 a 4.5 cabeza  $ha^{-1}$ , *ganancias de peso* entre 0.602 a 0.801 kg  $cabeza^{-1} día^{-1}$  y *costos de producción* entre 0.37 a 1.17 USD kg producido.
4. La mayor calidad de los sorgos *BMR* diferidos, se puede transformar en producción de carne siempre que esté acompañado del aporte proteico, el manejo (cambios diarios con eléctrico) y una asignación de pasto adecuada (kg *MS* cada 100 kg *PV*  $día^{-1}$ ).
5. No se observó ningún efecto negativo de los taninos del grano de sorgo sobre los parámetros evaluados, por lo que se lograron ganancias diarias superiores a los 0.935 kg/cabeza, una eficiencia de conversión de 10.53 kg de *MS* por kg producido y costos de producción de 0.54 USD por kg producido.

#### **IV.2.2 Recomendaciones**

1. Permitir el encañamiento de los CFI tempranamente, para lograr una relación *CNES/PBS* superior a 1.2 y obtener altas ganancias diarias de peso en razas británicas.
2. Utilizar los sorgos *BMR*, como forraje fresco o diferido, con un manejo apropiado (uso de alambrado eléctrico en parcelas cada 2 a 4 días) y el complemento proteico más adecuado (forraje fresco o concentrado).
3. Utilizar estratégicamente los granos de sorgo con altos taninos para balancear energéticamente las dietas ricas en forrajes frescos y conservados.
4. Evaluar los efectos de diferentes suplementos (energéticos y/o proteicos) sobre algunos parámetros productivos en la época estival: *ganancias diarias de peso*, tasa de deposición de grasa subcutánea y sobre la calidad del producto final (canal y carne), utilizando razas de biotipos medianos y grandes.
5. Profundizar los estudios sobre el perfil nutricional (*CNES*, *PBS* y su relación *CNES/PBS<sup>1</sup>*) de los forrajes tropicales, a lo largo del año, y la respuesta animal (*ganancias diarias de peso* y tasas de engrasamiento) con animales de biotipo grande y sus cruzar.
6. Es necesario adaptar, en cada finca ganadera, las diferentes estrategias productivas y de manejo que contribuyan a mejorar tanto el resultado productivo (mayor cantidad y calidad de carne) como el económico (mayor rentabilidad) de dichos sistemas.



7. Extender los resultados y estrategias de esta tesis a los diferentes ambientes productivos, buscando mejorar los sistemas de producción de carne, tanto en la región en estudio como en otros sitios cuyas características ecológicas limiten los planteos productivos. Asimismo, algunas de ellas podrían ser motivos de futuros trabajos académicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesogan, A.T., Givens, D.J. & Owen, E. 2000. Measuring chemical composition and nutritive value in forages. En: Field and Laboratory methods for Grassland and Animal production researchs. Eds. Nannetje, L. and Jones, R.M.
- Aello, M.S. y Dimarco, O.N. 2004. Evaluación de alimentos. En: Curso de nutrición animal. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP, Balcarce. 29-64.
- AFRC, 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International. pp 159
- Aharoni, Y, Nachtomi, E, Holstein, P, Brosh, A, Holzer, Z. and Nitsan, Z. 1995. Dietary effects on fat deposition and fatty profiles in muscle and fat depots of Friesian bull calves. J. Anim. Sci. 73:2721-2720
- Aldrich, J.M., Muller, L.D. Varga, G.A. and Griel, L.C. Jr 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation. Nutrient Flow. and performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 76:1091.
- Aldrich, J, Akey, C, Inc. Lewisburg, OH. 1998. Putting the carbohydrates and protein (amino acid) together for optimum profit and performance.  
<http://www.das.eas.psu.edu/dairymap/publication/dadmc97/paper10.htm>.
- Alende, M., Depetris, G.J., Di Marco, O.N. y Santini, F.J. 2007. Respuesta productiva de terneros alimentados con silaje de sorgo "BMR" de distinto tamaño de picado, con y sin agregado de fibra larga.. Revista Argentina de Producción Animal Vol 27 Supl.1
- Andrea, N; Castro, H y Vottero, D. 2001. Las ganancias de peso de los novillos durante el otoño. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_pastoril\\_o\\_a\\_campo/44las\\_bajas\\_ganancias\\_de\\_peso\\_de\\_los\\_novillos\\_en\\_otono.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/44las_bajas_ganancias_de_peso_de_los_novillos_en_otono.htm) (Consulta: 09/2010).
- Ankom Technology 2008 Procedures for fiber and *in vitro* analysis  
[http://www.ankom.com/09\\_procedures/Crude%20Fiber%20Method%20A200.pdf](http://www.ankom.com/09_procedures/Crude%20Fiber%20Method%20A200.pdf)  
(Consulta: 10/2010).
- AOAC 1995. Official methods of analysis. 16th Ed. The Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA

- Araujo Febres, O 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX seminario de pastos y forraje Pp 12.  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Consumo\\_a\\_pastoreo\\_II.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf) (Consulta: 06/2011).
- Arelovich, H.M, Laborde, H.E, Villalba, J.J. y Torrea, M.B, 1993. Suplementación de paja de trigo en bovinos con avena, urea y harinas de girasol y carne. Rev. Arg. Prod. Animal. Vol 13. n° 1:15-22
- Austin, P.J., L.A. Suchar, C.T. Robbins and A.E. Hagerman. 1989. Tannin-binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle. J. Chem. Ecol., 15: 1335-1347.
- Azardún, M., Freddi, J, Pissani, A y Sastre, P. 1996. Composición del forraje y respuesta a la suplementación. Rev. Arg. Prod. Anim. 16(1):140,
- Bach, A, Yoon, I.K., Stern, M.D., Jung, H.G. and Chester-Jones. 1999. Effects of type of carbohydrate supplementation to Lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. J. Dairy Sci. 82:153-160
- Bach, B y Casalmiglia, S. 2006. La fibra en los rumiantes ¿química o física?. XXII Curso de especialización FEDNA. Barcelona 16 y 17 octubre de 2006. Pp99-113.  
[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/100-fibra\\_en\\_rumiantes.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf) (Consulta: 08/2010) .
- Baek, 2000.- Ganancias de peso otoñales: ¿un problema de la Pampa Húmeda solamente? OesteGanadero, 2(7):2-11. [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_pastoril\\_o\\_a\\_campo/31-ganancias\\_de\\_peso\\_otoñales.htm](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/31-ganancias_de_peso_otoñales.htm)
- Balakshim, M.Y., Capanema, E.A., Chen, C.L. & Graez, S. 2004. Elucidation of the structures of residual and dissolved pine kraft lignins using an HMQC- NMR technique. J. Agric. Food Chem. 51:6116
- Beever, D.E., Thomson, D.J., Ulyatt, M.J., Cammell, S.B. y Spooner, M.C. 1985. The digestion of fresh perennial ryegrass (*Lolium perenne* L. cv Melle) and white clover (*Trifolium repens* L. cv. Blanca) by grazing cattle fed indoors. B. J. Nutr 54:763-775.

- Beever, David C. 1993. Ruminant animal production from forages: present position and future opportunities. In: Proc. of the XVII Int. Grassland Cong., Palmerston North, New Zealand and Rockhampton, Queensland, Australia, p. 535-542.
- Burton, Glenn W. 1986. Developing b
- Berti, R.N. 2010. Efecto de la carga animal y sistema de pastoreo sobre la ganancia diaria de bovinos pastoreando sorgos forrajeros híbridos. INTA Salta.  
<http://www.inta.gov.ar/salta/info/documentos/ProdAnimal/efecto-carga-ganancia-sorgo.pdf> (Consultado: 01/2011)
- Binnie R C, Mayne C S and Laidlaw A S 2001 The effects of rate and timing of application of fertilizer nitrogen in late summer on herbage mass and chemical composition of perennial ryegrass swards over the winter period in Northern Ireland; Grass and Forage Science. 56: 46-56
- Bragachini, M, Cattani, P, Ramirez, E y Ruiz, S. 1997. Silaje de maíz y sorgo granífero, ISSN 0329-1650. Cuad. Act. Tec. N°2. pp. 122
- Broster, W.H y Oldham, J. 1988. Avances en nutrición de rumiantes. Haresign & Cole. Acibia.
- Calsamiglia, S, Ferret, A, Plaixats, A.J, y Devant, M, 1999. Effect of pH and pH fluctuations on microbial fermentation in a continuous culture system. J. Dairy Sci. 82(Suppl. 1): 38. (Abstr.)
- Cangiano, 1997. Consumo en Pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. En Producción Animal en Pastoreo. Ed. Carlos Cangiano Pp 41-61 EEA INTA Balcarce. Argentina
- Cheeke, P.R. y R.T. Palo. 1995. Plant toxins and mammalian herbivores: co-evolutionary relationships and antinutritional effects. In: M. Journet, E. Grenet, M-H. Farce, M. Thériez, C. Demarquilly (Ed.) Recent developments in the Nutrition of Herbivores. Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores pp: 437- 456. INRA Editions, Paris.
- Cherney, J.H., Moore, K.J., Volenec, J.J. y Axtell, J.D. 1986. Rate and extent of digestion of cell wall components of brown-midrib sorghum species. Crop. Sci. 26:1055-1059.

- Cherney, J.H., Axtell, J.D., Hassen, M.M. y Anliker, K.S. 1988. Forage quality characterization of a chemically induced brown-midrib mutant in pearl millet. *Crop Sci.* 28:783-787.
- Cherney, J.H., Cherney, D.J.R., Akin, D.E. y Axtell, J.D. 1991. Potential of brown midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Adv. Agron.* 46:157-189.
- Cherney, D.I.R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. En: *Forage evaluation in Ruminant Nutrition*. Givens, D.J., Owen, E., Oxford, R.E.F.(Eds.) CAB International
- Chongo, B.; La O, O.; Delgado, D.; Scull, I.; Santos, Y. y Galindo, J. 1998. Polifenoles totales y degradación ruminal "in situ" del N en árboles forrajeros promisorios para la alimentación del ganado. . *Memorias III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba, pág. 67.
- Christiernin, M. 2008. Composition of lignin in outer cell-wall layers. <http://urn.kb.se/urn:nbn:se:kth:diva-4036.html>.(Consulta: 10/2010).
- Cino, DM. 2007. La economía en la producción de pastos y forrajes: indicadores económicos y financieros. Folleto XVI, Forum de Ciencia y Técnica. p.38. ICA, La Habana, Cuba.
- Cino, D.M; Sierra, D; Martín, P.C y Valdés, G. 2001. Estudio económico de alternativas de producción de carne de res. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* Tomo 35, No. 2, 129-133
- Combs, D. 1998. Grain Supplementation to Grazing Herds. IN: *Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. Pp. 51-63.
- Conti, G., Garnero, O., Bértoli, J., Gallardo, M., Gatti, E. y Zoratti, O. 2007.- Efecto de los taninos condensados sobre la producción y composición de leche de vacas lecheras en pastoreo de verano. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 27 Supl. 1 104-105
- Cooper, R. y Klopfenstein, T. 1996. Effects of rumensin and feed intake variation on ruminal pH scientific update on rumensin/tylan/micotil for the professional fedlot consultant. Elanco Animal Health, Greenfield, IN.

- Cordes, G. G. 2008. Aptitud Combinatoria en Sorgo por Características de Calidad de Grano y Forraje. Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Escuela para Graduados. Fac. Cs. Agr. –UNC. 150Pp
- Correa, H.J, Pabón,R y Carulla,F, 2008.- Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y Posruminal. Livestock Reserch for Rural Development 20 (4).  
[www.Irrd.org/Irrd20/4/corra20059.htm](http://www.Irrd.org/Irrd20/4/corra20059.htm) (Consulta: 11/2010).
- Cown, R. T. and Lowe, K.E. 1998. Tropical and Subtropical Grass Management and Quality. in: Grass for Dairy Cattle. Eds. J. H. Cherney and D. J. R. Cherney. CABI Publishing. Oxon OX10 8DE. UK. Pp. 101-135.
- Crocker, L. M., De Peters, E.S., Fadel, J.G.,Perez-Monti,TaYLOR,Wyckoff and Zinn.1998. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. J.Dairy Sci.81:2394-2407
- Cuaderno de Biotecnología, 2009. [ww.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec\\_96.asp?cuaderno=96](http://ww.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_96.asp?cuaderno=96) (Consulta: 1/2010).
- Da Costa, D.M; 2003. Alimentacao dos bovinos. En: Criacao de bovinos. 7<sup>ma</sup> edición. CVP- Consultoria veterinária e publicacoes. Belo Horizonte. Brazil. 134-143
- De León, M. 2005. Conferencia sobre: Ganadería de Precisión Claves para la Utilización de Silajes de Sorgo o Maíz. INTA Manfredí (Córdoba, Argentina).  
[http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/ganaderia/ganaderia\\_precision\\_silajes.pdf](http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/ganaderia/ganaderia_precision_silajes.pdf) (Consulta 08/2010)
- De Leon, M., Ustarroz, E., Simondi, J.M. y Brunetti, A. 2004. Evaluación de silajes de maíz y de sorgo azucarado con el gen nervadura marrón. INTA EEA, Manfredi, Córdoba. Rev. Arg.Prod. An.Vol. 22. Supl. 1 19
- De León, M., Giménez, R. y Brunetti, M.A. 2005. Consumo y ganancia de peso de novillos alimentados con dietas basadas en Silajes de Sorgos y Maíz. INTA EEA Manfredi, Córdoba. Rev. Arg.Prod. An.Vol. 23. Supl. 1 315-328
- De León, M. y Giménez, R.A. 2008. Efecto del contenido de grano y del gen *BMR* en sorgos para silaje. 1. Rendimiento y calidad. INTA EEA, Manfredi. Córdoba Rev. Arg.Prod. An.Vol. 28. Supl. 1 349-543

- Delfino, J.G. and G.W. Mathison. 1991. Effects of feeder cattle frame size, muscle thickness, and age class on days fed, weight and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 69:4577.
- Delgado, G. 2006. Finanzas rurales: decisiones financieras aplicadas al sector agropecuario. Ediciones INTA. ISBN 10:987-521-215-6. 132 pp.
- Del Pozo, P. P; Herreras, R. S y Garcia,, 2002. Dinámica de los contenidos de carbohidratos y proteína bruta en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con aplicación de nitrógeno y sin ella. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 36, No. 3, 275-280.
- Della Valle, D. E., Viviani Rossi, E, Andrade, F. H., Wade, M. H. 1998. Calidad fermentativa y nutritiva de maíz para silaje en función del número de granos fijados. Tesis M Sc. 1996-8 Esc. De Posgrado UNMdP-INTA Balcarce.
- De Visser, H. 1993. Characterization of carbohydrates in concentrates for dairy cows. In: Recent advances in animal nutrition. PC Garnworthy, D, J, A. Cole (Eds) Nottingham University Press
- Diaz Castillo, A; Martín M, P.C; Galindo B, J.L; 2008. Producción de carne bovina en pastoreo con gramíneas y leguminosas. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencia Animal (ICA). La Habana, Cuba.
- Dimarco, O.N. 1994. Crecimiento y Respuesta Animal. AAPA. ISBN 987- 99423-0-2. pp 128.
- Dimarco, ON. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. Primera ed. Capítulo 5. Res. Músculo y carne. pp.183. Buenos Aires, Argentina.
- Dimarco, ON y Aello, M, 2002 ¿Afecta el exceso de amonio ruminal el gasto energético de rumiantes? [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/47-afecta\\_el\\_exceso\\_amonio\\_ruminal\\_el\\_gasto\\_energetico.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/47-afecta_el_exceso_amonio_ruminal_el_gasto_energetico.htm) (Consultado 06/2011).
- Dimarco, ON y Aello, M, 2004. Costo energético de la actividad vacuna en pastoreo. [www.nutriciondebovinos.com.ar](http://www.nutriciondebovinos.com.ar). (Consulta: 11/2010)
- Domanski, C., Giorda, L. M. y Feresin, O. 1997. Composición y calidad del grano de sorgo EEA INTA Manfredi, Arg., Cuaderno de Actualización N° 7, 47-50. <http://www.infogranjas.com.ar/index.php/animales/247-bovinos1/5205-composicion-y-calidad-del-grano-de-sorgo.html> (Consulta 06/2010)

- Domínguez-Bello, M.G. 1996. Detoxification in the rumen. *Ann. Zootech.*, 45, suppl.: 323-327
- Dulau, D 2007. Estimación del consumo de bovinos en pastoreo. Comparación de distintos métodos de pastoreo. Tesis, Fac. Agr., Universidad Nacional de La Plata, Argentina. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/119-Investigacion-Consumo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/119-Investigacion-Consumo.pdf) (Consulta 06/2011)
- Duncan, A.J. and J.A. Milne. 1992a. Effect of Long-term Intra-ruminal Infusion of the Glucosinolate Metabolite Allyl Cyanide on the Voluntary Food Intake and Metabolism of Lambs. *J. Sci. Food Agric.*, 58: 9-14.
- Duncan, A.J. and J.A. Milne. 1992b. Rumen microbial degradation of allyl cyanide as a possible explanation for the tolerance of sheep to brassica-derived glucosinolates. *J. Sci. Food Agric.*, 58:15-19.
- Elizalde, J.C.1990.Suplementación con silo de maíz en vacunos en pastoreo de avena, ambiente ruminal y dinámica de la digestión. Tesis de Magister Sci. UNMdP-INTA Balcarce
- Elizalde, J.C.1995. - Engordes de otoño en bovinos. *Revista de los grupos CREA N° 173*, marzo 1995.
- Elizalde, J.C.2001. Utilización eficiente del pasto y terminación a corral. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_pastoril\\_o\\_a\\_campo/49-eficiencia\\_pasto.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/49-eficiencia_pasto.htm) Consultado 02/2011)
- Elizalde, J. C. y F. J. Santini, 1992. Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos durante el período otoño – invierno. EEA Balcarce. *Boletín técnico 104*, 27p.
- Elizalde, J. C., F. J. Santini, A. M. Pasinato. 1994. The effect of stage of harvest on the processes of digestion in cattle fed winter oats indoors. I. Digestion of organic matter, neutral detergent fiber and water-soluble carbohydrates. *Anim.Feed Sci. & Tech.* 47:201-211.
- Elizalde, J.C., Santini, F.J. y Pasinato, A.M. 1996. The effect of stage of harvest on the processes of digestion in cattle fed winter oats indoors, 1 Nitrogen digestion and microbial protein synthesis. *Anim. Feed Sci. & Technol.* 63:245-255.



- Elizalde, J.C., N.R. Marchen, and D.B. Faulkner. 1999. Effects of species and stages of maturity of fresh forages on in situ dry matter and crude protein degradation. *J. Dairy Sci.* 82:1978-1990,
- Erdman, R. 1995. Factors affecting flow of microbial protein from the rumen. *State Appl. Nutr. Mgt. Conf. Lacross. WI.* p 34. Univ. Illinois Iowa State Univ. Minnesota. Univ. Wisconsin.
- Espinosa J, y Wiggins S. 2003. Beneficios económicos potenciales de tecnologías bovinas de doble propósito en el trópico mexicano. *Rev. Téc. Pecuaria en México.* 4 (1): 19-37.
- FAO. 2010. Las etapas decimales del crecimiento de Trigo. Escala Zadoks. <http://www.fao.org/DOCREP/006/X8234E/x8234e05.htm> (Consultado 01/11)
- Fernández, J.M., Croom, W.J., Tate, L.P. and Johnson, A.D. 1990. Subclinical ammonia toxicity in steers: Effects on hepatic and portal-drained visceral flux of metabolites and regulatory hormones. *J. Anim. Sci.* 68:1726-1742
- Fernández, L. 2004. Modelos Estadísticos-Matemáticos en el análisis de la curva de lactancia y factores que la afectan en el genotipo Siboney de Cuba. Tesis de Doctor en Ciencias Veterinarias. La Habana, Cuba, 113p.
- Fernández Mayer, A.E. 1998. Fisiología de la producción de carne. Material didáctico n° 3 INTA. Argentina. ISSN 0326-2626 40 pp.
- Fernández, M. 2009. Ganadería ¿estás ahí? Análisis de la situación de la ganadería bovina de carne Argentina. 32° Congreso Argentino de Producción Animal. Malargüe, Mendoza. <http://www.aapa.org.ar/congresos/2009/monografias/Fernandez.pdf> (Consultado 01/2011)
- Fernández Mayer, A.E. 2001. Normas para medir la producción de carne. Boletín de divulgación n° 40 (INTA) ISSN 0326-2618 27 pp 2° reimpresión en marzo 2001
- Fernández Mayer, A.E. 2001. Suplementación Energética y Proteica y sus efectos en la producción de carne y leche en rumiantes. Serie didáctica INTA N° 6. ISSN 0326-2626 80 pp. Impreso en mayo 2001
- Fernández Mayer, A.E. 2006. La calidad nutricional de los alimentos y su efecto sobre la producción de carne y leche. Serie didáctica INTA N° 8 ISSN 0326-2626 47 pp.

- Fernández Mayer, A. E. 2008. El efecto de los azúcares solubles sobre la ganancia de peso y su relación con el manejo de los verdes de invierno.  
[http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/anibal/ganaderia\\_ganancia\\_peso.pdf](http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/anibal/ganaderia_ganancia_peso.pdf) (Consulta 06/2010)
- Fernández Mayer, A. E. 2010. Algunas tecnologías para zonas marginales.  
<http://marcaliquida.com.ar/wp-site/?p=4640> y  
<http://www.veterinariargentina.com/revista/2010/08/algunas-tecnologias-ganaderas-para-zonas-marginales/> (Consultado 01/2011)
- Fernández Mayer, A.E., Santini, F.J., Rearte, D.H., Mezzadra, C., García, C.S. y Manchado, J.C. 1998. Engorde a corral: comportamiento productivo de novillos alimentados con silaje de maíz como dieta base, harina de girasol y grano de maíz. Tesis de M.Sci. Fac.Cs Agr. UNMDP-EEA INTA Balcarce.
- Fernández Mayer, A.E. y Tomaso, J.C. 2003. Sistema de Engorde Intensivos. Serie Didáctica INTA N° 7. ISSN 0326-2626 150 pp.
- Fernández Mayer, A.E y Vitali, L, 2005. Determinación de la calidad de los Sorgos “BMR” y graníferos, previo al picado para confeccionar silajes de planta entera  
[http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/anibal/calidad\\_sorgo\\_bmr.pdf](http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/anibal/calidad_sorgo_bmr.pdf) (Consulta 07/2010)
- Fernández Mayer, A.E y Delgado, G. 2009. Modelización: estudio económico de diferentes sistemas de engorde intensivo. Serie didáctica INTA ISSN 0326-2626 27 pp. + Programa informático
- Fernández Mayer, A.E, Fernández, F y P. 2009, Engorde de novillitos con sorgos *BMR* diferidos, urea y grano de maíz. Portal ENGORMIX.  
[www.engormix.com/s\\_articles\\_view.asp?art=2696&AREA=GDC-141](http://www.engormix.com/s_articles_view.asp?art=2696&AREA=GDC-141)  
 (Consulta: 11/2010)
- Fernández Mayer, A.E, Lauric, A, Tulesi, M, Gómez, D y Vazquez, L. 2010.  
 Evaluación de la calidad nutricional del pasto puna (*Stipa brachychaeta* Godron) y la paja vizcachera (*Stipa ambigua* Spegazzini) a lo largo del año y estrategias de aprovechamiento. Boletín Técnico. INTA N° 18 ISBN 978-987-1623-99-0. 24 pp. (Consulta 03/2011)
- Fernández Mayer, A.E, Lauric, A, Carrizo, J. y Pelta, H, 2010. Normas para analizar forrajes. INTA Bordenave. <http://www.nutriciondebovinos.com.ar/> (Consulta 01/2011)

- Ferragine, M.C. 2009. Introducción al manejo del pastoreo.  
<http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Introduccion%20a%20los%20Sistemas%20Prod/Documento/2009/Introduccionpastoreo.PDF>. (Consultado 03/2011)
- Flamenbaum, I. 2009. Alta producción de leche en condiciones de estrés calórico (el caso Israeli). [http://www.nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/Library/Authors/I\\_Flamenbaum.htm](http://www.nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/Library/Authors/I_Flamenbaum.htm) (Consulta 07/2010)
- Flint, H.J, 1997. The rumen microbial ecosystem, some recent developments. Trends in Microbiology, 5:483
- Flores, J y Bedersky, D. 2010. Suplementación sobre verdes. Boletín: Noticias y Comentarios del INTA, Julio de 2010 N°461 ISSN N° 0327-3059. EEA INTA. Corrientes, Argentina
- Forbes, J.M. 1998. Feeding behaviour. In: Forbes, JM ed. Voluntary feed intake and diet Selection in farm animal. CAB international, Oxon (UK) Pp 11-37
- Fulkerson W J, Slack K and Havilah E 1999 The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*); Tropical Grasslands. 33: 138 – 145
- Gagliostro, G.A y Gaggiotti, M 2002. Evaluación de alimentos para rumiantes e implicancias productivas.  
[http://www.produccionbovina.com/tablas\\_composicion\\_alimentos/14-avalimentos.pdf](http://www.produccionbovina.com/tablas_composicion_alimentos/14-avalimentos.pdf) (Consulta 06/2010)
- Galindo, J; Marrero, Y; González, N y Aldama, A; 2001. Efecto de *Gliricidia sepium* en la población protozoaria y organismos celulolíticos ruminales. Rev. Cubana Cienc. Agríc., 35 (3): 235
- Gallegos. E.C 2010. Comportamiento ingestivo en ganado bovino de doble propósito. UNAM México. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgz00g024.pdf>
- Galli, J.R, 1996 Las pasturas como fuentes de alimentación de rumiantes. Pp.27-39. En Producción animal en pastoreo. Ed: Cangiano. EEA INTA Balcarce. Argentina
- García D.E., M.G. Medina, J. Humbría, C.E. Domínguez, A. Baldizán, L.J. Cova y M. Soca. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. Arch. Zootecnia,

55(212): 373-384.

- García, M; Odriozola, E; Alvarado, P y Hidalgo, L. 2007. Utilización de sorgo diferido en planteos de cría como una alternativa de alimentación invernal. Tesina Facultad de Veterinaria. UNICEN. Tandil.  
[http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Prod\\_Animal/Documentos/2010/Prod\\_Carne/UsodeSorgo20diferido20en20cr%C3%ADaTESINA.pdf](http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Prod_Animal/Documentos/2010/Prod_Carne/UsodeSorgo20diferido20en20cr%C3%ADaTESINA.pdf) (Consultado 01/2011).
- García, K, Gastaldi, L; Ghiano, J; Domínguez, J; Sosa, N 2010. Manejo del estrés calórico en el tambo. Proyecto Lechero INTA Ficha técnica n° 13.  
[www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)
- García-Trujillo R, Pedroso DM. 1989. Alimentos Para Rumiantes. La Habana, Cuba. Ed. Enpes.
- Garcilazo, G.2007.- Principales características de los Sistemas de Producción de carne bovina bajo riego en el Valle Inferior. Newsletter. Año II n° 12  
<http://www.inta.gov.ar/valleinferior/info/hd/hd12.pdf> (Consulta 05/2010)
- Gill, E.1995. Fisiología animal y Metabolismo intermedio. Fac. Cs Agrarias UNMDP. 203
- Giorda, L.M.1997.Sorgo granífero.INTA Centro Regional Cordoba.EEA. Manfredi. 71p
- Giorda, L.M 2008. Sorgo, un cultivo que se impone . <http://www.todoagro.com.ar/todoagro2/nota.asp?id=8425> (Consulta 07/2010)
- Giorda, L.M., y Cordes, G.G. 2005. Sorgo Forrajero en la Pampa Deprimida. 2005. Pp.63-79: Forrajes 2005. Seminario Técnico. Bs As 29-30/03. Technidea. 262 p
- Giorda, L y Cordes, GG. 2009. Sorgo, para producir lo que el mercado necesita.  
<http://www.peman.com.ar/notas/index.php?action=fullnews&id=12>  
(Consulta: 11/2010)
- Godoy S, Chicco C, Meschy F, Requena F. 2005. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. Interciencia 2005; 30:24-28
- Goering, H.K y Van Soest, P.J. 1970. Agric Handbook n° 379 URS USDA Washington DC
- González, A.M. 2003. Morfología de las plantas vasculares. Subestructura de la pared celular. Conferencia de Curso de Botánica Morfológica. [http://www. Biología.edu.ar/botanica/7.3 pared celular.htm](http://www.Biologia.edu.ar/botanica/7.3_pared_cellular.htm) (Consulta: 11/2010)

- Guerra W, Cabrera A, Fernández L. 2003. Criterios para la selección de Modelos Estadísticos en la investigación científica. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 27 (1): 3-9.
- Gurbuz, Y, 2009. Efectos del contenido de taninos condensados de algunas especies de leguminosas en la emisión de gas metano. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* Tomo 43, Número 3, 265-272
- Hagerman, A.E. y Butler, L.G. 1991. Tannins and lignins. In : G. A. Rosenthal y M. R. Bernbaum (Ed) *Herbivores: Their interaction with Secondary plant metabolites. Vol I The Chemical Participants* pp:355-388. Academic Press NY
- Hales, P.M., Méndez, D., Davies, P., Ceconi, I. y Colombatto, D, 2007. Efecto de la inclusión de taninos condensados sobre ganancia de peso de novillitos en pastoreo de verdes invernales. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 27 Supl. 1
- Hatfield, R.D. 1993. Cell wall polysaccharides interactions and degradability. En: *Forage cell wall structure and digestibility.* Jung, H.G.: Buxton, D.R.: Hatfield, R.D.: Ralph, J. (Eds.). ASACSSA- SSSA, Madison, WI. p. 266
- Herrera Saldaña, R.E., Huber, J.T. and Poore, M.H. 1990. Dry matter crude protein and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.* 73:2386-2393
- Hoover, W.H. y Stokes, S.R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74 : 3630- 3644.
- Jonany, J.P. 1996. Effect of rumen protozoa on nitrogen utilization by ruminants. *J. Nutr.* 126:1335
- Juan N., Pordomingo A. y Jouli R., 1997. Reemplazo de grano húmedo de maíz por rano húmedo de sorgo en dietas para engorde EEA INTA Anguil.  
<http://www.cialp.org.ar/informacion/apuntes/apunte09.htm> (Consulta 07/2010)
- Juárez F I, Fox D G, Blake R W, and Pell A N 1999 Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico; *Journal of Dairy Science.* 82:2136–2145
- Jung, H. G. 1997. Analysis of Forage Fiber and Cell Walls in Ruminant Nutrition. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. *Journal of Nutrition* 127: 810S - 813S.

- Kaiser A G, Piltz J W, Hamilton J F and Havilah E J 2001 Effect of time of day on the water soluble carbohydrate content of kikuyu grass; FAO, Electronic Conference on Tropical Silage. Roma, Italy. Pg 65.
- Klita, P.T., G.W. Mathison, T.W. Fenton and R.T. Hardin. 1996. Effects of alfalfa root saponins on digestive function in sheep. J. Anim. Sci., 74: 1144-1156.
- Knowlton, K.F., Dawson, T.E., Glenn, G.B., Huntington, G.B. and Erdman, R.A. 1998. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch. J. Anim. Sci. 61: 3248-3258
- Laborde, H.E., Arelovich, H.M., Matone, S., Suardiaz, G., Canelo, S., Fernández, H., Oyola, J. 2005. Efecto de la frecuencia de suplementación con grano de soja sobre el consumo y la digestibilidad de paja de trigo con novillos. Rev. de AAPA. 28° Congreso Arg. de Producción Animal. Vol 25 Supl. 1 ISSN 0326-0550. Pag. 58
- Lagrange, S.; Larrea, D y Fernández Mayer, A.E., 2006. Suplementación con grano de sorgo invernada pastoril de novillos Británicos. [http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/Lagrange/suplementacion\\_con\\_sorgo.htm](http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/Lagrange/suplementacion_con_sorgo.htm) (Consulta 2010)
- La O, O.; Chongo, B.; Ruíz, T.E.; Schull, I.; Mazrtinez, L y Fortes, D.; 2001. Efecto del polietilenglicol (PEG) en la degradabilidad *in situ* de nutrientes de *Leucaena macrophylla* en rumen. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 35, No. 2, 2001. 135-140
- Lazcano, C.E., 2002. Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(2): 126-132 (CIAT)
- Lee M R F, Brooks A E, J M Moorby, Humphreys M O, Theodorou M K, MacRae J C and Scollan N D 2002 *In vitro* investigation into the nutritive value of *Lolium perenne* bred for an elevated concentration of water-soluble carbohydrate and the added effect of sample processing: freeze-dried and ground vs. frozen and thawed; Animal Research 51: 269 – 277  
<http://www.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2002/04/01.pdf?access=ok>  
(Consulta 07/2010)
- Levas H. 1998. Estrategias económicas en la suplementación de rumiantes en pastoreo: nuevas tecnologías de alimentación. Memorias conferencias escuela de producción de AFIA. Guadalajara, Jalisco, México.

- Levenberg-Marquardt 2009. Regresión no lineal. [http://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n\\_no\\_lineal](http://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n_no_lineal). (Consultada 01/2011)
- Linaza 2010. Propiedades de la alfalfa. <http://www.lalinaza.com/propiedades-de-la-alfalfa.htm>. (Consultado 06/2011)
- Lobley,E.G.1993. Protein Metabolism and Turnover.Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism.Forbes,J.M. y France,J (Eds).pp 313-340
- Lycos.T.1996.Varying ruminal degradability of protein and total nonstructural carbohydrate: Effects on ruminal fermentation, intestinal digestion nutrient uptake by the mammary gland, and milk production and composition in high producing Holstein cows.Ph D Thesis. The Pennsylvania State Univ.
- Mac Loughlin, R.J. 2010. Déficit de proteínas y ganancia de peso en recría y engorde de Bovinos. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/deficit-proteinas-ganancia-peso-t2849/141-p0.htm>
- Makkar, H.P.S., M. Blümmel and K. Becker. 1995. In vitro effects of and interactions between tannins and saponins and fate of tannins in the rumen. J. Sci. Food Agric., 69: 481-493.
- Makkar H.P.S. 2003. Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. A Laboratory Manual. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- Marais J P 2001 Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) - a review; Tropical grasslands 35: 65 – 84  
[http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol\\_35\\_2001/Vol\\_35\\_02\\_01\\_pp65\\_84.pdf](http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_35_2001/Vol_35_02_01_pp65_84.pdf)Consulta 05/2010)
- Martín PC 2004 La Alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos. Pp 32 (párrafos 2 al 5) EDICA, La Habana.
- Martínez Ferrario, E 2010. Estrategías y Admnsitración Agropecuaria. <http://mferrario.com.ar/ealmf/publicaciones/gestion.htm> (Consultada 10/2011)
- Massigoge, J, Zamora, M, Melin,Ariel, 2009. Evaluación del contenido de taninos en granos de híbridos de sorgo. Agromercado n° 154. Pp 14-15.
- Mc Allister,T.A.,Phillippe,R.C.,Bode,L.M. and Cheng,K.J.1993. Effetc of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. J. Anim.

Sci. 71:205-212

- Méndez, D. y Davies, P. 2003 Calidad de forraje y bajas ganancias de peso otoñales. C:\Users\Public\Documents\anibal\doctorado\bibliografía para el doctorado\calidad de forraje y bajas ganancias de peso.mht (consultado 07/2010)
- Méndez, D. y Davies, P., Zamolinski, A. y Peralta, 2004. Momento de utilización y calidad de avena y raygrás en la región noroeste bonaerense. AAPA
- Méndez, D y Davis, P. 2006. Calidad de forraje y bajas ganancias de peso otoñales. Copyright 2006. INTA. Centro Regional Buenos Aires Norte, Bs As, Argentina.
- Mezzadra, C.A, Melucci, L.M, Villareal, E.L. y Faverin, C. 2003. Comparación del desempeño productivo de novillos puros y cruza británicos bajo sistemas de engorde semi-intensivos e intensivos. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 23 n° 1 Pp 45-52.
- Miller L A, Theodorou M K, MacRae J C, Evans R T, Adesogan A T, Humphreys M O, Scollan N D and Moorby J M 1999 Milk production and N partitioning responses in dairy cows offered perennial ryegrass selected for high water soluble carbohydrate concentrations. South African Journal of Animal Science 29 (ISRP): 321-322
- Min, B.R. and Hart, S.P. 2003. Tannis for suppression of parasites. J. Anim. Sci. 81 (E.Suppl. 2.) 102-109.
- Monje, A, 2002. Utilización de grano de Sorgo en Sistemas de Feedlot de terneros. Proy. Ganadero, Hoja Inf. N° 70, EEA INTA Concepción Uruguay, Argentina. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/11-grano\\_sorgo\\_feedlot.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/11-grano_sorgo_feedlot.pdf) (Consulta 09/2010)
- Montiel, M.D., Elizalde, J.C., Giorda, L. y Santini, F.J., 2002. Efectos de los taninos condensados sobre la degradabilidad ruminal del grano de sorgo en vacunos. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/Posters/22/taninos-Montiel.htm> (Consulta 07/2010)
- Montoya N F, Pino I D y Correa H J 2004 Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volume 17: 241 - 249. Retrieved December 2, 2004, from <http://kogi.udea.edu.co/revista/17/17-3-4.pdf> (Consulta: 11/2010)



- Moran, J. y Wales, B. 1992. Maize silage ideal in feedlot rations In: Maize silage for beef production Reporting a joint project between Dep. of Food and Agr. and Meat Research Corporation. Kyabean Research Centre. N. Victoria. N.Z.
- Morrison, T.A., Jung, H.G. & Buxton, D.R. 1998. Cell wall composition of maize internode of varying maturity. *Crop Science*. 38:455
- Murray F.; Gallego J. J.; Miñón D. P. y Barbarossa R. A. 2010. Verdes de verano para pastoreo o henificado: una alternativa forrajera de rápido crecimiento. <http://www.inta.gov.ar/valleinferior/info/r63/verdeos%20de%20verano.pdf> (Consulta 10/2010)
- Muscolo A, Panuccio MR and Sidari M 2003 Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst); *Plant Science* 164: 1103-1110
- Naranjo, J.P; Guiamet, P.S, Gómez de Saravia, S.G; 2009. Evaluación fitoquímica de extractos naturales de *Eucalyptus citriodora* y *Pinus caribaea* con actividad biocida. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8 (5), 445 – 448 BLACPMA ISSN 0717 7917
- Narjisse, H., M.A. Elhonsali and J.D. Olsen. 1995. Effects of oak (*Quercus ilex*) tannins on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. *Small Rum. Res.*, 18: 201-206
- Nathional Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, D. C. 381p.
- Navarro H. 1994. Toma de decisiones y análisis económico de sistemas de producción de carne de la Décima Región. Chile. *Boletín Técnico* No. 1 209. INIA. Estación Experimental de Renelue.
- Nocek, J.E. and Tamminga, 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy and its effects on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74:3598-3629
- Ojeda, A; Frías, A; González, R; Linares, Z y Pizzani, P, 2010. Contenido de taninos, fósforo fítico y actividad de fitasas en el grano de 12 híbridos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench). Fac. de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, INIA-Araure Edo. Portuguesa, INIA- CENIAP, Edo. Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol. 60 número 1.

<http://www.alanrevista.org/ediciones/2010-1/art13.asp>

- Oliverio, G. 2010. Propuestas para la producción de carne bovina en los sistemas mixtos de la región pampeana. <http://www.a-campo.com.ar/espanol/bovinos/bovinos20.htm> (Consulta 02/2011)
- Orskov, E.R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 63:1624-1633
- Owens, F.N., Zinn, R.A. and Kim, Y.K. 1986 Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634.
- Owens, F.N., Gill, D.R., Secrist, D.S. And Coleman, S.W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73:3152-3172.
- Pérez-Maldonado, R.A., B.W. Norton and G.L. Kerven. 1995. Factors affecting in vitro formation of tannin-protein complexes. *J. Sci. Food Agric.*, 69: 291-298
- Pérez-Maldonado, R.A. y B.W. Norton. 1996a. Digestion of <sup>14</sup>C-labelled condensed tannins from *Desmodium intortum* in sheep and goats. *Br. J. Nut.*, 76: 501-513.
- Pérez-Maldonado, R.A. y B.W. Norton. 1996b. The effects of condensed tannins from *Desmodium intortum* and *Calliandra calothyrsus* on protein and carbohydrate digestion in sheep and goats. *Br. J. Nut.*, 76: 515-533.
- Petruzzi, H.J.; Pechín, C.A.; Villa, E.G.; Stritzler, N.P y Ferri, C.M., 2006. Degradabilidad en rumen de Avena fertilizada y sin fertilizar con nitrógeno. *Revista Argentina de Producción Animal NA 33 Vol 26 Supl. 1 41-42*
- Poerschmann, J., Gathmann, A., Augustin, J., Langer, U. & Górecki, T. 2005. Molecular Composition of Leaves and Stems of Genetically Modified Bt and Near-Isogenic Non- Bt Maize- Characterization of Lignin Patterns. *J. Environ. Qual.* 34:1508
- Pordomingo, A.J., Jonas, O., Otamendi, H. y Quiroga, A. 2001. Producción y calidad de verdes de invierno. Congreso Nac. de Trigo 2001.
- Pordomingo, A.J.; Jonas, O.; Adra, M.; Juan, N. A.; Azcárate, M. P. 2002 Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. Ed. INTA. Vol.31,1:122.
- Pordomingo, A.J., G. Volpi Lagreca, W. Oriente Y R. Welsh, 2003. [Efecto del agregado de taninos en dietas de distinto nivel energético en vaquillonas para carne.](http://www.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol79.htm) <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol79.htm>

- Pordomingo, A.J., Volpi Lagreca, G., Stefanazzi, I.N. y Pordomingo, A.B. 2007.-Efecto de la inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas basadas en grano entero en engorde de vaquillonas a corral. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 27 Supl. 1 81-82*
- Pordomingo, A.J., Juan, N.A. y Pordomingo, A.B. 2007.Relación entre el aumento de peso de novillos sobre verdeos de invierno y parámetros de calidad del verdeo (Comunicación). *Revista Argentina de Producción Animal Vol 27 Supl. 1 83-84*
- Proyecto ganadero –INTA Concepción del Uruguay-, 2010. Pastoreo de sorgo forrajero. Hoja informativa n° 29. <http://www.inta.gov.ar/concepcion/informacion/boletines/hie/01/29.htm> (Consultado 01/2011)
- Proyecto PNUD ARG 85/019- INTA. 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:500000. Buenos Aires Secretaría de Agric., Ganad. y Pesca. (584 pag. y mapas anexos).
- Provenza, F.D., E.A. Burritt, T.P. Clausen, J.P. Bryant, P.B. Reichardt and R.A. Distel. 1990. Conditioned flavor aversion: a mechanism for goats to avoid condensed tannins in blackbrush. *Am. Nat.*, 136:810-828.
- Purechena, C, O, 1999. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales. Aspectos nutricionales, productivos y económicos Conferencia. XXXVI Congreso Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia, Porto Alegre, Brasil.
- Ramírez, R., Ramírez, R.G. & López, F. 2002. Factores estructurales de la pared celular que afectan su digestibilidad. *CIENCIA UANL*.5:180
- Ramos, G., Frutos, P., Giraldez, F.J. & Mantecón, A.R. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec.* 47:597
- Ramos Morales, E. 2006. Utilización de diversas leguminosas grano en la producción de leche de cabra. Análisis de su valor nutritivo y calidad de la leche producida. Universidad de Granada, España. <http://hera.ugr.es/tesisugr/1649779x.pdf> (Consultado 01/2011)
- Rearte, D. 2003. El futuro de la ganadería Argentina. [www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/carne/rearte.htm](http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/carne/rearte.htm)

(Consulta 04/2010)

- Rearte, D. 2010. Situación y perspectivas de la producción de carne vacuna. Agromercado. Año 29 302. junio de 2010. 4-9. [http://www.inta.gov.ar/balcarce/carnes/SituacionActual\\_Prostpectiva\\_Produccion\\_carnevacuna.pdf](http://www.inta.gov.ar/balcarce/carnes/SituacionActual_Prostpectiva_Produccion_carnevacuna.pdf) (Consulta 08/2010)
- Rearte,D.H. y Santini,F,J,1989. Digestión ruminal y producción en pastoreo. AAPA Vol. 9 N°2 93-105
- Rearte, D.H y Santini,J.F,1996. Suplementación de vacunos en pastoreo. Suplemento del Area de Investigación en Prod. Animal. INTA Balcarce. Julio de 1996
- Recavarren P y Juarros, J.C, 2008. Impacto de los Sorgos diferidos en los sistemas de cría de la depresión de Laproda (Bs As Argentina). <http://www.inta.gov.ar/balcarce/PRGanadero/articulos/sorgos%20diferidos%20-%20Jornada.pdf> (Consulta 11/2010)
- Reed, J.D. 1995. Nutritional toxicology of tannins y related poliphenols in forage legumes. J. Sci. Agric. 73:1516-1528.
- Remillard,R.L.,Johnson,D.E.Lewis,L.D. and Nockels,1990. Starch digestion and digesta kinetics in the small intestine of steers fed on a maize grain and maize silage mixture. Ani.Feed.Sci. and Tech. 30 79-89
- Remondino, H.D y Garino, A.T. 2004. Gestión del sector de invernada en la empresa ganadera. XXVII Congreso argentino de profesores universitarios de costos. Universidad de Rio Cuarto. Argentina. [http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/iapuco/trabajo30\\_iapuco.pdf](http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/iapuco/trabajo30_iapuco.pdf). (Consultado: 01/2011).
- Resch, G, 2010. Margen Bruto por Kg. de Carne con Distintas Opciones de Precio de Compra y Venta de Hacienda. [http://www.imperiorural.com.ar/imperio/estructura/miriam%20archivos/margen\\_bruto\\_kgcarne/Margen%20bruto%20por%20kg%20de%20carne.htm](http://www.imperiorural.com.ar/imperio/estructura/miriam%20archivos/margen_bruto_kgcarne/Margen%20bruto%20por%20kg%20de%20carne.htm) (Consulta 01/2011)
- Riffel, S.L; Elizalde,J.C, Santini,S, Rearte,D. 2004.- Contenido de taninos en el grano húmedo de sorgo y su efecto sobre la cinética de degradación y respuesta animal en vacunos. Revista Argentina de Producción Animal Vol 27 Supl. 1
- Robbins, C.T., T.A. Hanley, A.E. Hagerman, O. Hjeljord, D.L. Baker, C.C. Schwartz and W.W. Mautz. 1987a. Role of tannins in defending plants against ruminant reduction in protein availability. Ecology, 68: 98-107.

- Robbins, C.T., S. Mole, A.E. Hagerman and J.A. Hanley. 1987b. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in dry matter digestion. *Ecology*, 68: 1606-1615.
- Robbins, C.T., A.E. Hagerman, P.J. Austin, C. McArthur and T.A. Hanley. 1991. Variation in mammalian physiological responses to a condensed tannin and its ecological implications. *J. Mamm.*, 72: 480-486
- Rojo, R., Mendoza, G.D., García, C.M., Bárcena, J.R. & Aranda, E.M. 2000. Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 17:358
- Romera, A.J.; Gartía, G.; Marino, M.A. y Agnusdei, M. 2008. Efecto de la asignación forrajera sobre la ganancia de peso de vaquillonas de recría y la utilización del forraje en pasturas dominada por agropiro, durante otoño - invierno.  
<http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Introduccion%20a%20los%20Sistemas%20Prod/Documento/2009/Introduccionpastoreo.PDF>. (Consultado 03/2011)
- Romero, L, 2008. Factores claves a tener en cuenta para logra silajes de maíz y sorgo de alta calidad <http://www.inta.gov.ar/leales/actualidad/extras/silaje.pdf> (Consulta 10/2010)
- Romero L.A., Díaz M.C. y Giordano, J.M. 1996.1. Silaje de grano con alta humedad. INTA EEA, Rafaela, Santa Fe. Pub. Mis. No 81.
- Romero, L.A., Diaz, M.C., Bruno, O.A., Comeron, E.A. y Gagiotti, M.C.1996. 2. Silaje de grano húmedo de maíz y sorgo en la alimentación de vacas lecheras. INTA, EEA Rafaela. Infor. Téc. No 110. pg.2.
- Romero, L.A., Diaz, M.C., Bruno, O.A., Comeron, E.A. y Gagiotti, M.C.1997 Silaje de grano de sorgo de alta humedad: efecto del contenido de tanino y el tratamiento con urea en la respuesta de vacas lecheras. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(1):10.
- Romero, L, Gómez, L y Toranzo, M, 2008. Proyecto Regional Desarrollo sustentable de los sistemas agropecuarios de la Llanura Chaqueña Oeste. Factores claves a tener en cuenta para logra silajes de maíz y sorgo de alta calidad".  
<http://www.inta.gov.ar/leales/actualidad/extras/silaje.pdf> (Consulta 9/2010)
- Romney, D.L. y Gill, M. 2000. Intake of Forages. En: D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford y H.M. Omed (ed.) *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*, CAB

- International, pp 43-62.
- Rosales, M. 1996. In vitro assessment of the nutritive value of mixture of leaves from tropical fodder trees. Tesis de Doctorado D. Phil. Department of plant sciences, Oxford University Oxford UK 214 pp.
- Rosales, R.B y Sánchez, S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Revista CORPOICA vol. 6 n° 1 enero-junio 2005
- Rosso, O.R; Villareal, E; Gomez, P.O.; Garcia, P.T; Manchado, C. 1997. Efecto del biotipo y sistemas de alimentación sobre la producción de bovinos y calidad de la carne. Congreso del Journal Forage. (Nov.1997)131-133.
- Rueda S, Taborda L, Correa H J 2006. Relación entre el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno y algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes de un hato lechero del Oriente Antioqueño. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volume 19: 27 – 38. Retrieved September 19, 2006.
- Ruiz, O, Castillo, Y, Aguilera, J.I; Arzola, C., Rodríguez, C; Jiménez, J.A y Rubio, H 2006. Cascarrilla de avena tratada con urea y un aditivo enzimático en el consumo, la digestibilidad y la cinética ruminal de novillos. RCCA Tomo 40, No. 4, Pp 433-438.
- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J. and Sniffen, C.J, 1992. A Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I Fermentation, J. Anim. Sci. 70:3551
- Santini, F.J. 1989. Utilización de granos en la alimentación de rumiantes. Boletín Técnico. CERBAS.INTA.
- Santini, F. J. 1993. Factores nutricionales que afectan las ganancias de peso otoño invernales. Jornadas de actualización técnica. Unidad Integrada Balcarce. INTA Fac. Ciencias Agrarias. Pg. 38-43.
- Santini, F. J. 2004. ¿Sistema pastoril o feedlot?. <http://www.engormix.com/MAGanaderia-carne/manejo/articulos/sistema-pastoril-feedlot-t782/124-p0.htm>
- Santini, F. J. y Elizalde, J.C. 1993. Utilización de granos en la alimentación de rumiantes. Rev. Arg. Prod. Anim. 13: 39-60.
- Sarma R.K., B. Singh y T.K. Bhat. 2000. Nitrogen solubility, protein fractions, tannins and *in sacco* dry matter digestibility of tree fodders of Shiwalik range. Indian J.

- Anim. Nut., 17(1): 1-7.
- SAS/STAT,2005. User's Guide version 6 fourth edition.Vol.2, Cary NC: SAS Institute Inc. Pp.846
- Sauvant,D,Chapoutot and ArchiméeH,1994. La digestion des amidons par les ruminants et ses conséquences. INRA.Prod.Anim.7:115-124.
- Sauvant,D and Van Milgen,1997. Les conséquences de la dynamique de la digestion des aliments sur le métabolisme ruminal et les performances animales.INRA Prod. Anim.8 (5):353-367
- Sederoff, R.R., Mackay, J.J., Ralph, J. & Hatfield, R.D. 2002. Unexpected variation in lignin. Current opinion in Plant Biology.  
<http://www.plbio.kul.dk/plbio/cellwall.htm> (Consulta 9/2010)
- Senra, A. 2005. Índices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovina. Rev. Cubana Cienc. Agríc. Tomo 39, No. 1, 2005. pp 13-21
- Senra, A. 2009. Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. Avances en Investigación Agropecuaria. AIA. 13(2): 3-15 ISSN 0188789-0
- Silanikove, N., N. Gilboa, A. Perevolotsky and Z. Nitsan. 1996. Goats fed tannin-containing leaves do not exhibit toxic syndromes. Small Rum. Res., 21:195-201
- Silva, R. N.; Monteiro, N.V.; Alcanfor, J.X.; Assis, E.M.; Asquier, E.R. 2003. Comparison methods for the determination of reducing sugars and total in honey. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, v. 23, n. 3, <http://www.scielo.br> (Consulta 11/2010)
- Skene, I.K. and J.D. Brooker. 1995. Characterization of tannin acylhydrolase activity in the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. Anaerobe, 1:321-327.
- Smith, G.S. 1992. Toxification and detoxification of plant compounds by ruminants: an overview. J. Range Manage., 45: 25-30.
- Spada, M. del C. y Mombelli, J.C. 2007 Estudio de la relación entre el contenido de lignina y digestibilidad en sorgos de nervadura marrón. INTA EEA, Manfredi. Revista Argentina de Producción Animal Vol 27 Supl. 1

- SPSS 2006. Software estadístico SPSS para Windows. Versión 15.0.1. Copyright IBM Corporation 2010 IBM Corporation, Route 100 Somers, NY 10589
- Stafford, H. A. 1988. Proanthocyanidins y the lignin connection. *Phytochemistry*. 27:1-6.
- Stokes S 1997 Balancing carbohydrates for optimal rumen function and animal health; Western Canadian Dairy Seminar;  
<http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/1997/ch06-97.htm>
- Stock, R and Mader, F. 2006. Procesamiento del sorgo para engorde bovino. Institute of Agricultura and Natural Resources, University of Nebraska. Traducción y adaptación: Dpto. Técnico de Vetifarma S.A [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) (Consulta 11/2010)
- Stritzler, N, 2008.- Suplementación de rodeo de cría e internada en pastoreo en la región del caldenal. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/suplementacion/21-suplementacion\\_region\\_caldenal.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplementacion/21-suplementacion_region_caldenal.pdf) (Consulta 08/2010)
- Suszkiw, J. 2007. Servicio de investigación Agrícola USA-ARS.  
[http://www.engormix.com/s\\_news11033.htm](http://www.engormix.com/s_news11033.htm) (Consulta 08/2010)
- Sutton, J.D. 1985. Digestional absorption of energy substrates in the lactating cow. *J. Dairy Sci.* 68:3376
- Tas B M 2006 Nitrogen utilization of perennial ryegrass in dairy cows. In: Elgersma A., Dijkstra J. and Tamminga S. (editors.), *Fresh Herbage for Dairy Cattle*. Pp: 125-140. Retrieved March 16, 2007
- Taweel H Z, Tas B M, Smit H J, Elgersma A, Dijkstra J and Tamminga S 2005 Effects of feeding perennial ryegrass with an elevated concentration of water-soluble carbohydrates on intake, rumen function and performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* Volume 121: 243-256
- Tilley, J.M. and Terry, R.L. 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forecrops. *J. Br. Grassland Soc.* 18:104-111
- Tomaso, J.C. 2005. Cereales forrajeros de invierno. Calidad del Forraje  
<http://verdeos.sitesled.com/calidad.htm> (Consulta 05/2010)
- Torre, R, Laborde, H.E, Arelovich, H.M, y Torrea, M.B, 2003. Empleo del grano de soja entero como suplemento proteico de forrajes de baja calidad. *Rev. de AAPA*. 26° Congreso Argentina de Producción Animal. Vol 23 Supl. 1 ISSN 0326 0550. P. 90



- Torrea, M.B., Arelovich, H.M, Laborde,H.E, Villalba, J.J, Amela,M.I., 1991.  
Suplementación proteica y energética de pasto llorón diferido en vacas de cria. X Reunión Nacional Caperas. Univ. Nac. del Sur. B. Blanca. Argentina P. 179
- Torres,V.; Sampaio,I y Fundora, O, 2009. Modelos estocásticos del comportamiento productivo en la etapa de crecimiento de búfalos de agua en Cuba. . Rev. Cubana Cienc. Agríc. Tomo 43, No. 2. Pp 113-117
- Trasmonte, D. 2002. Análisis comparativo de los métodos de evaluación de la disponibilidad de forraje en praderas perennes y verdeos de invierno de la región oeste arenoso. Cuaderno de AACREA. [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20artificiales/61-disponibilidad.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/61-disponibilidad.htm)  
(Consulta 06/2011)
- Vaccaro, M. E., Garcarena, A. D., Guaita, S., Gagliostro, G., Colombatto, D., 2007.- Utilización de enzimas y taninos en la ración de vacas lecheras. Tesis de Magíster. UNMdP-INTA Balcarce. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/ResumenesPG/PGPA2007/Resumen%20Avance%20Manuel%20Vaccaro.doc>  
(Consulta 07/2010)
- Vadiveloo, J. 2000. Cellulase degradation of whole rice straw. J. Animal and feed Sci. 9:157.
- Valenciaga, D y Chongo, B, 2004. La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. Rev. Cubana Cienc. Agríc. Tomo 38, No. 4. 343-350
- Valenciaga, D; Herrera, R.S; Eloisa de Oliveira S, Chongo,B y Torres,V. 2009. Composición monomérica de la lignina de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 y su variación con la edad de rebrote. Rev. Cubana Cienc. Agríc. Tomo 43, Número 3, 2009. 315-319
- Van Houtert,H.F.J.1993.The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. Anim Feed Sci. and Technol.43:189-225
- Van Soest,P.J. 1965.Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. J. Anim.Sci.24:834

- Van Soest, P.J 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2<sup>nd</sup> . Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476p.
- Van Soest PJ; Robertson, JB; Lewis, BA. 1995 Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. Vol. 74 (10): 3583-3597.
- Vargas E A y Mejía D C 2004 Efecto de diferentes regímenes de alimentación en vacas holstein lactantes sobre el flujo de proteína microbiana al duodeno; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 31 p.
- Vaz Martins, D. y Messa, A. 2007.-Las bajas ganancias otoñales en bovinos, un fenómeno Multicasual. Revista INIA - N° 10, 2-5
- Vega AJ. 2001. La Economía en el sector Agropecuario. Tema 1. Los costos agropecuarios. Tema 3. Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, Cuba. Texto digital. 39p.
- Veira,D.M.,G.K.Macleod,J.H.Burton and J.B.Stone.1994. Nutrition of the weaned Holstein calf.II Effect of dietary protein level on nitrogen balance,digestibility and feed intake.J.Anim.Sci.50:945
- Vergara K. 2008. Concepto de finanzas, principios financieros, definición. Economía y Finanzas. Disponible en: <<http://www.tueconomia.net/finanzas-y-sus-areas/concepto-de-finanzas.php>>. (Consulta: 06/2010) .
- Wilkerson,V.A.Klopfenstein,T.J.,Britton,R.A.Stock,R.A. and MillerP.S.1993. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing cattle. J.Anim.Sci.71:2777-2784.
- Wilson,R.K. y Collins,D.P.1980. Irish Journal of Agricultural Reserch 19,75-84
- Zadoks,J.C.; Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14, 415-21.
- Zamora. M; Massigoge. J y Melin. A, 2009. Evaluación del contenido de taninos en híbridos de sorgo granífero. Chacra integrada de Barrow (Buenos Aires). [http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/ganaderia/carpetajulio2009/taninos\\_sorgo\\_40.pdf](http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/ganaderia/carpetajulio2009/taninos_sorgo_40.pdf) (Consulta: 10/2010)

## Anexo I

Tabla 37: Resumen del comportamiento productivo y económico de los diferentes trabajos experimentales.

	I° Eje Experimental Cereales forrajeros de invierno			II° Eje Experimental Sorgos BMR		III° Eje Experimental Grano de sorgo con altos taninos
	Trabajo I	Trabajo II	Trabajo III	Trabajo IV	Trabajo V	Trabajo VI
<b>Tratamientos</b>	1° etapa Tratamiento único 2° etapa Tratamiento único	$T_1$ : TSG  $T_2$ : TCG	1° etapa Tratamiento único 2° etapa Tratamiento único	1° etapa Tratamiento único 2° etapa Tratamiento único	1° etapa Tratamiento único 2° etapa Tratamiento único	1° etapa $T_1$ : AA $T_2$ : AAxSh  2° etapa Tratamiento único
<b>Extensión</b> (días)	1° etapa <b>236 días</b>  2° etapa <b>166 días</b>	<b>84 días</b>	1° etapa <b>70 días</b> 2° etapa 1° et. <b>61 d</b> 2° et. <b>68 d</b>	1° etapa <b>99 días</b>  2° etapa <b>69 días</b>	1° etapa <b>93 días</b>  2° etapa <b>125 días</b>	1° etapa <b>254 días</b>  2° etapa <b>247 días</b>
<b>Carga Animal</b> (Cabezas ha <sup>-1</sup> )	1° etapa <b>1.5 cabezas</b>  2° etapa <b>1.5 cabezas</b>	<b>2 cabezas</b>	1° etapa <b>2.10 cab</b> 2° etapa 1° <b>2.44</b> 2° <b>1.90</b>	<b>4.5 cab</b>	1° etapa <b>1.9 cabezas</b>  2° etapa <b>3.9 cabezas</b>	1° etapa <b>2 cabezas</b>  2° etapa <b>2.37 cabezas</b>
<b>GDP</b> (kg cab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	1° etapa <b>0.865 kg</b>  2° etapa <b>0.924 kg</b>	$T_1$ : TSG <b>1.036 kg</b> $T_2$ : TCG <b>1.371 kg</b>	1° etapa <b>1.04 kg</b> 2° etapa 1° <b>1.223 kg</b> 2° <b>1.103 kg</b>	1° etapa <b>0.788 kg</b>  2° etapa <b>0.801 kg</b>	1° etapa <b>0.602 kg</b>  2° etapa <b>0.704 kg</b>	1° etapa $T_1$ : <b>0.901</b> $T_2$ : <b>0.882</b>  2° etapa <b>0.969</b>
<b>Ef. de conversión</b> (kg MS alimentos kg <sup>-1</sup> )	1° etapa <b>8.71 kg</b>  2° etapa <b>9.30 kg.</b>	$T_1$ : TSG <b>9.62 kg</b> $T_2$ : TCG <b>7.79 kg</b>	1° etapa <b>10.78 kg</b> 2° etapa 1° <b>8.65 kg</b> 2° <b>9.69 kg</b>	1° etapa <b>12.44 kg</b>  2° etapa <b>12.98 kg</b>	1° etapa <b>9.50 kg</b>  2° etapa <b>9.66 kg</b>	1° etapa $T_1$ : <b>11.71</b> $T_2$ : <b>9.35</b>  2° etapa <b>10.06</b>
<b>Producción de carne</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	1° etapa <b>306.34 kg.</b> 2° etapa <b>230.16 kg.</b>	$T_1$ : TSG <b>174.0 kg</b> $T_2$ : TCG <b>230.4 kg</b>	1° etapa <b>152.88 kg</b> 2° etapa <b>324.52 kg</b>	1° etapa <b>351.05 kg</b> 2° etapa <b>248.71 kg</b>	1° etapa <b>106.37 kg</b> 2° etapa <b>343.20 kg</b>	1° etapa <b>452.87 kg</b> 2° etapa <b>567.24 kg</b>
<b>Costo de Producción</b> (USD kg <sup>-1</sup> )	1° etapa <b>0.29 USD</b>  2° etapa <b>0.37 USD</b>	$T_1$ : TSG <b>0.35 USD</b> $T_2$ : TCG <b>0.38 USD</b>	1° etapa <b>0.82 USD</b> 2° etapa 1° <b>0.61 USD</b> 2° <b>0.81 USD</b>	1° etapa <b>0.45 USD</b>  2° etapa <b>0.65 USD</b>	1° etapa <b>1.17 USD</b>  2° etapa <b>0.37 USD</b>	1° etapa <b>0.55 USD</b>  2° etapa <b>0.54 USD</b>

Referencias: TSG: Tratamiento sin grano TCG: tratamiento con grano AA: Aberdeen Angus AAxSh: A. Angus x Shorthorn

## Anexo II

### Resultados de los análisis estadísticos

#### Experimento I

#### **ENGORDE DE TERNEROS BRITÁNICOS SOBRE CEREALES FORRAJEROS INVERNALES “ENCAÑADOS” SIN GRANO DE CEREAL EN SUELOS AGRÍCOLAS**

Tabla 38: Resultados de los modelos evaluados (1° etapa)

<b>Modelos lineales ajustados</b>					
	<b>alfa</b>	<b>beta</b>	<b>R2</b>	<b>Sign modelo</b>	<b>CME</b>
<b>1° etapa</b>	124,7	22,96	<b>0,838</b>	<b>***</b>	<b>860,501</b>
EE(±)	4,888	0,759			
<b>2° etapa</b>	224,500	1,040	<b>0,800</b>	<b>***</b>	<b>716,25</b>
EE(±)	4,57	0,05			

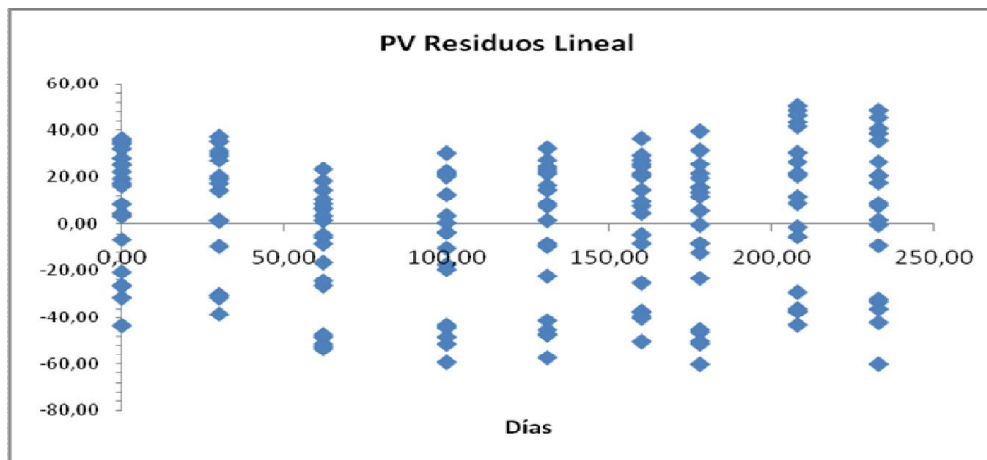


Figura 20: Comportamiento de los residuos para todos los modelos ajustados (1° etapa)

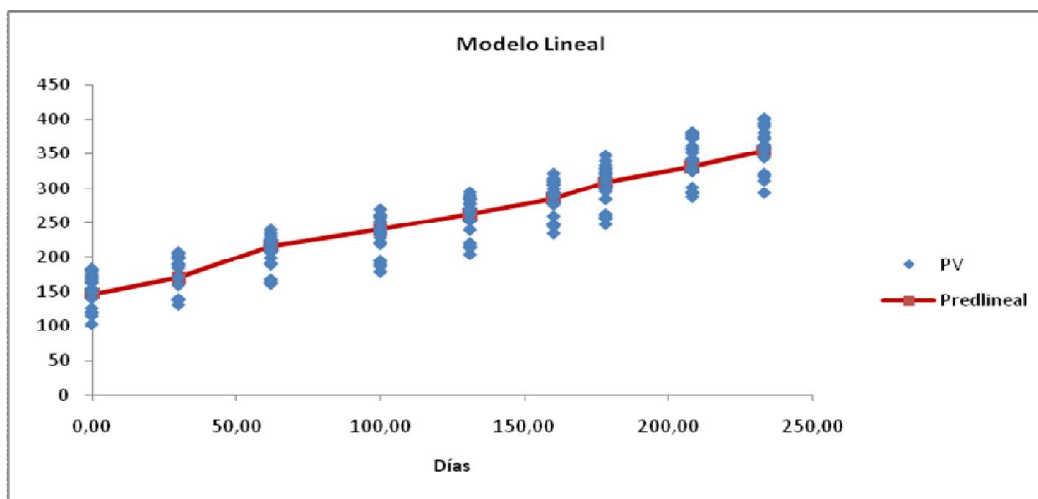


Figura 21: comportamiento gráfico de los pesajes individuales (en kg.) y los valores

predichos por el modelo (1° etapa)

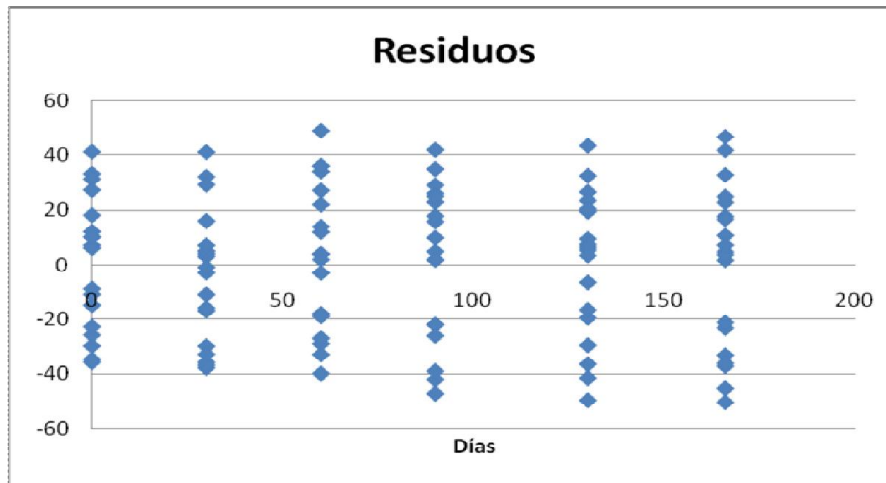


Figura 22: Comportamiento de los residuos para todos los modelos ajustados (2° etapa)

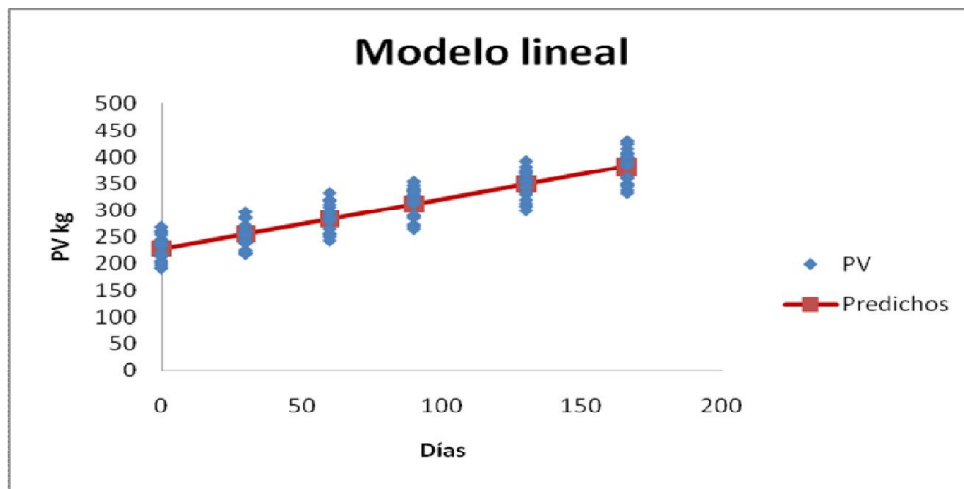


Figura 23: comportamiento gráfico de los pesajes individuales (en kg.) y los valores predichos por el modelo (2° etapa)

Tabla 39: Prueba de Extra suma de cuadrados para la comparación de las pendientes de las curvas.

Modelo	Scuadrados	gl	F	P
Completo	228231.655	283	102.607695	0.0001
Reducido	815270.276	285		

### Experimento III

#### TERMINACIÓN DE NOVILLOS BRITÁNICOS PESADOS CON CEREALES FORRAJEROS DE INVIERNO “ENCAÑADOS” Y GRANO DE CEREAL EN BAJAS PROPORCIONES

Tabla 40: Resultados de los modelos evaluados (1° etapa)

PV	Modelo	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Sign modelo	CME
	Cuadrático	371,68	11,17	2,68	0,95	***	42,42
	EE(±)	5,73	5,23	1,03			
	Sign parame	***	***	*			
	Lineal	358,3	2,71		0,94	***	48,83
	EE(±)	2,71	0,99				
	Sign parame	***	***				



Figura 24: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado (1° etapa)

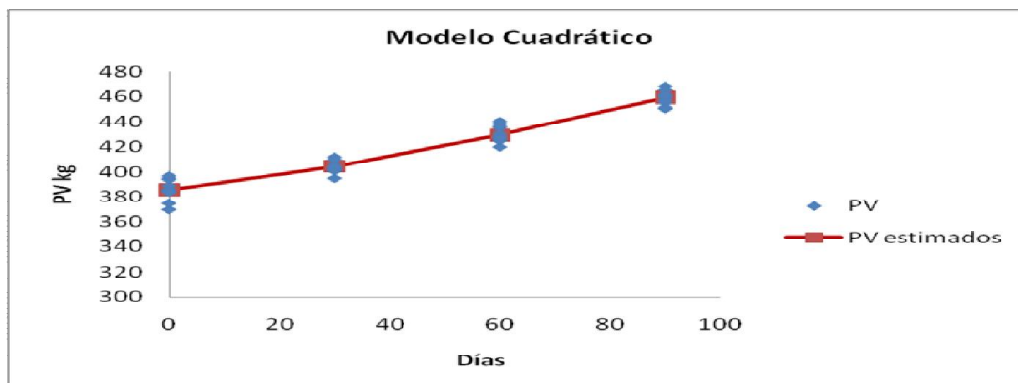


Figura 25: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo (1° etapa)

Tabla 41: Resultados de los modelos evaluados (2° etapa)

PV	Modelo	Alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Sign modelo	CME
	Cuadrático	386,4	-10,42	7,1	0,97	***	26,78
	EE(±)	4,56	4,16	0,82			
	Sign parame	***	**	***			
	Lineal	350,9	25,08		0,94	***	79,14
	EE(±)	3,45	1,26				
	Sign parame	***	***				

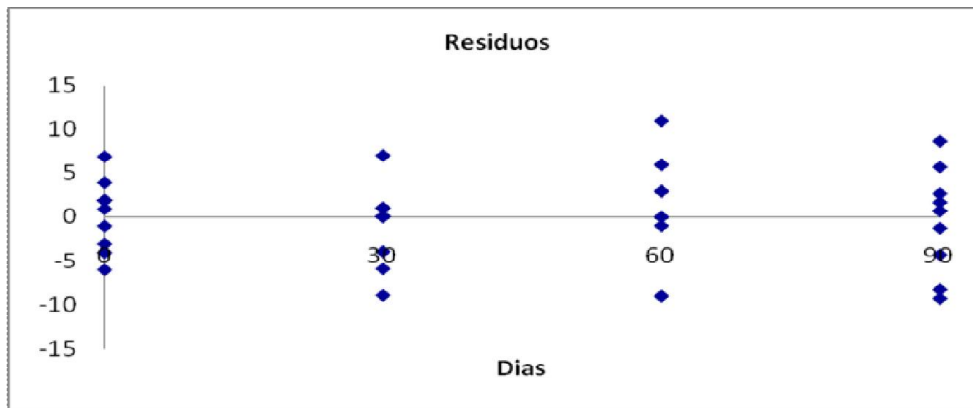


Figura 26: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado (2° etapa)

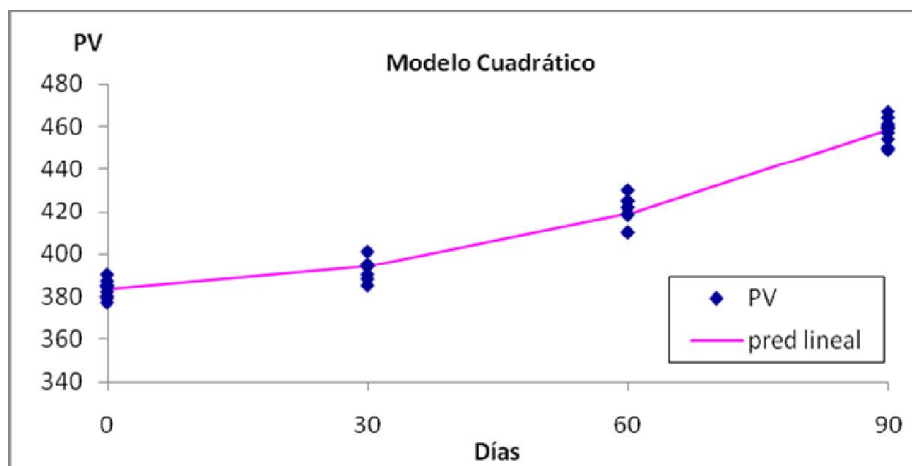


Figura 27: comportamiento gráfico de los pesajes individuales (en kg.) y los valores predichos por el modelo cuadrático. (2° etapa)

**Experimento IV**

**ENGORDE PASTORIL CON SORGOS NERVADURA MARRÓN (Brown Middle Rib), COMO FORRAJE FRESCO**

Tabla 42: Resultados de los modelos evaluados (1° etapa)

PV	Modelo	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Sign modelo	cme
	Cuadrático	318	1,36	<u>-0,01</u>	<u>0,94</u>	***	73,11
	EE(±)	2,7	0,23	<u>0,0021</u>			
	Sign parame	sign	sign	sign			
	Lineal	322,47	<u>0,75</u>		<u>0,93</u>	***	89,67
	EE(±)	2,37	<u>0,04</u>				
	Sign parame	sign	sign				

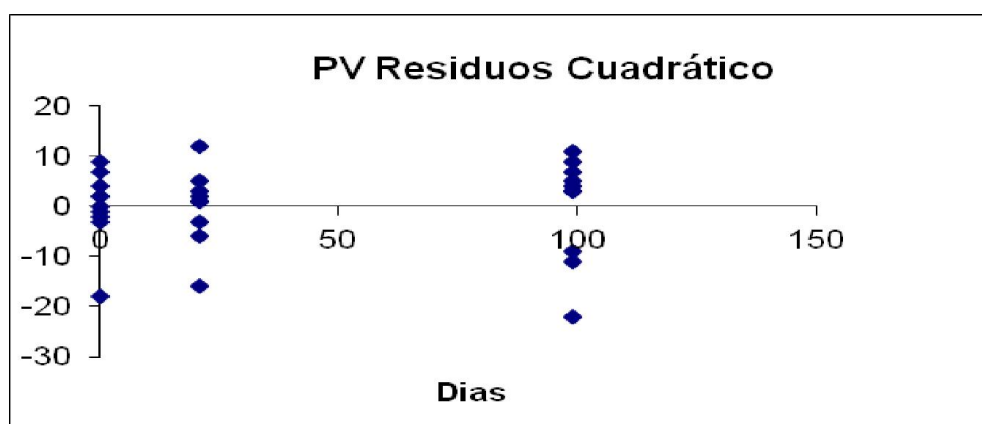


Figura 28: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado. (1° etapa)

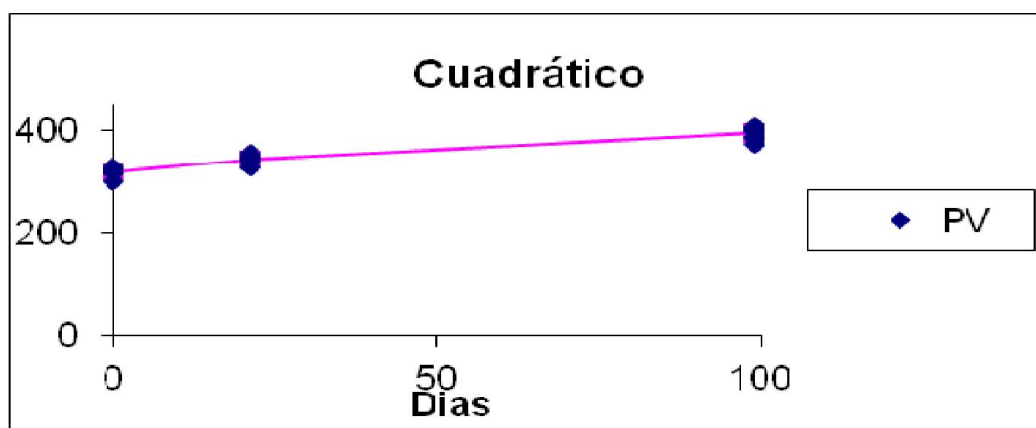


Figura 29: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático. (1° etapa)



Tabla 43: Resultados de los modelos evaluados (2° etapa)

PV	Modelo	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Sign modelo	cme
	Cuadrático	347,2	0,44	<u>0,01</u>	<u>0,97</u>	***	19,71
	EE(±)	1,4	0,11	<u>0,0015</u>			
	Sign parame	sign	sign	sign			
	Lineal	345,69	<u>0,79</u>		<u>0,95</u>	***	27,06
	EE(±)	1,56	<u>0,03</u>				
	Sign parame	sign	sign				

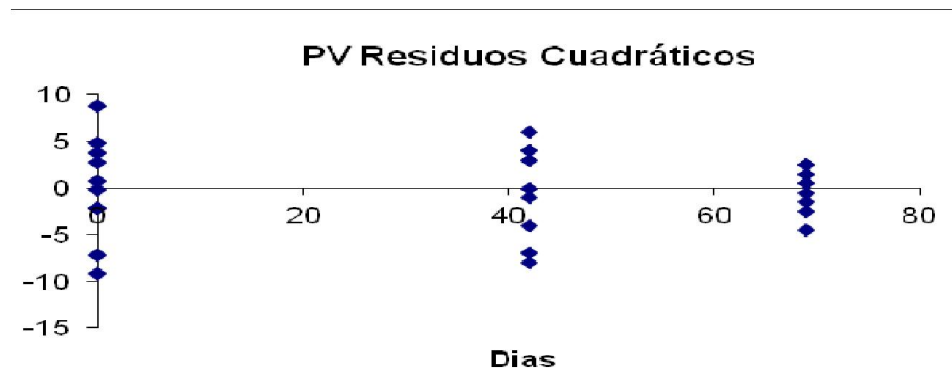


Figura 30: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado (2° etapa)

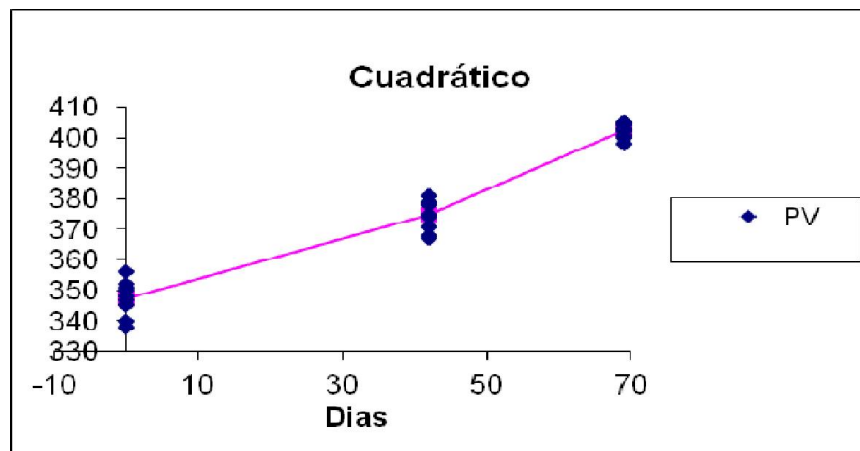


Figura 31: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático (2° etapa)

**Experimento V**

**ENGORDE PASTORIL CON SORGOS NERVADURA MARRÓN (BMR), DIFERIDOS (HENO EN PIE) JUNTO A UN CEREAL FORRAJERO INVERNAL**

Tabla 44: Resultados de los modelos evaluados (1° etapa)

PV	Modelo	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Sign modelo	cme
	Cuadrático	166,95	1,17	-0,01	0,94	***	29,52
	EE(±)	1,66	0,09	0,00088			
	Sign parame	sign	sign	sign			
	Lineal	173,23	0,59		0,87	***	65,99
	EE(±)	2,08	0,04				
	Sign parame	sign	sign				

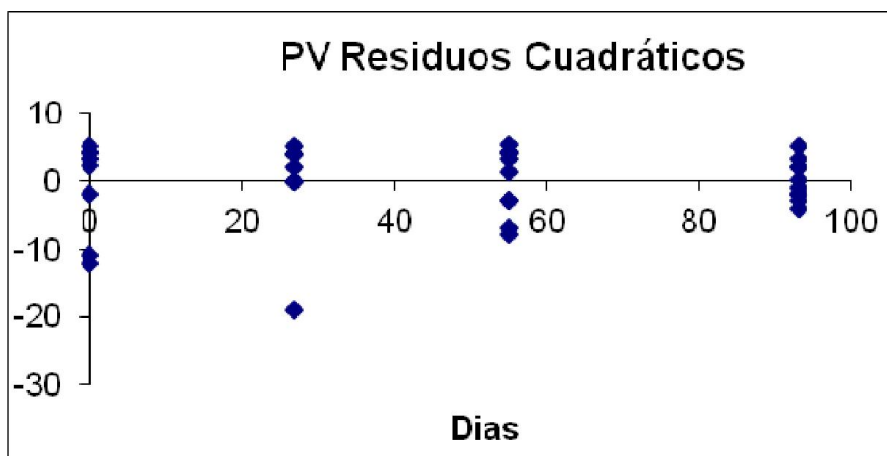


Figura 32: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado (1° etapa)

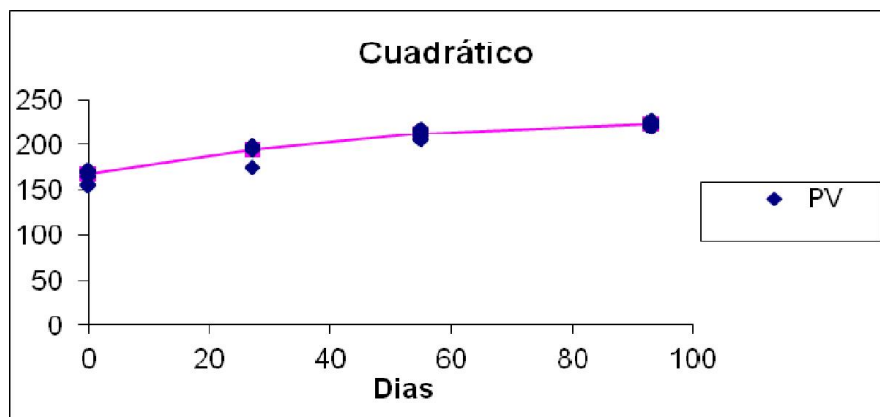


Figura 33: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático (1° etapa)

Tabla 45: Resultados de los modelos evaluados (2° etapa)

PV	Modelo	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Sign modelo	cme
	Cuadrático	163,93	0,69	<u>-0,000058</u>	<u>0,99</u>	***	10,35
	EE(±)	0,98	0,04	<u>0,00029</u>			
	Sign parame	sign	sign	ns			
	<u>Lineal</u>	164,04	<u>0,68</u>		<u>0,99</u>	***	10,14
	EE(±)	0,81	<u>0,01</u>				
	Sign parame	sign	sign				

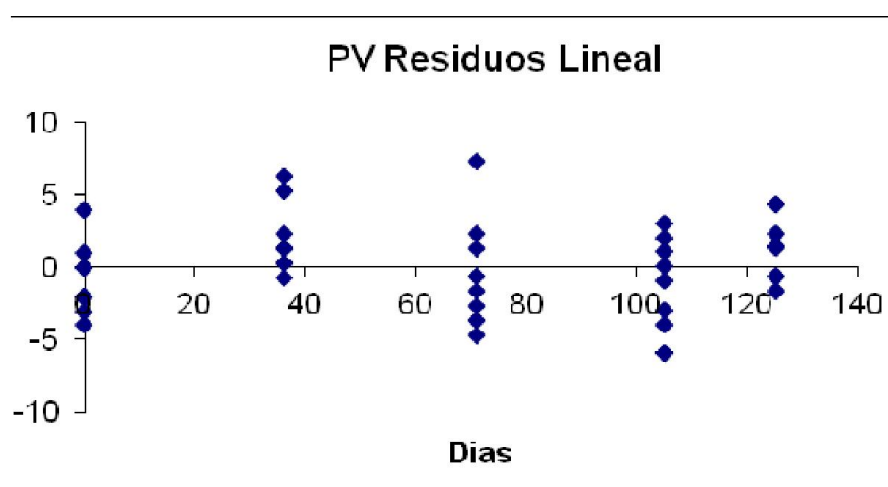


Figura 34: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado (2° etapa)

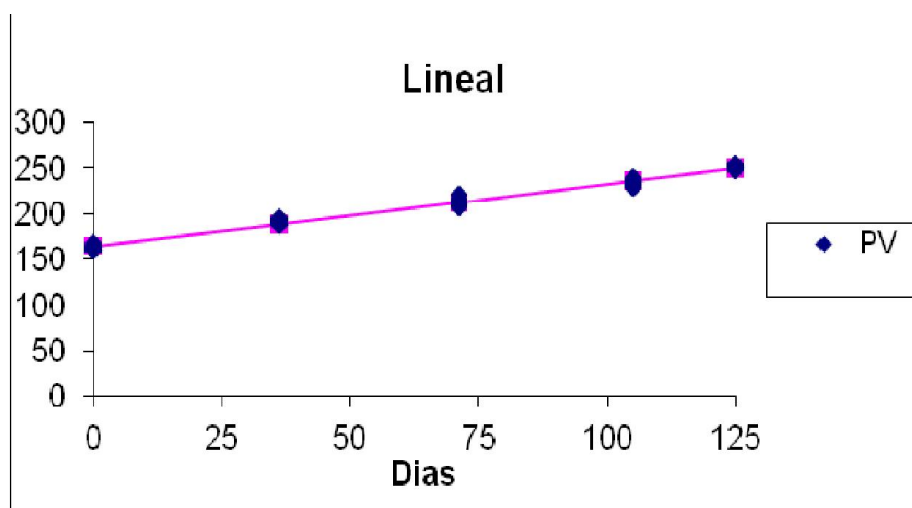


Figura 35: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático (2° etapa)

## Experimento VI

### RESPUESTA PRODUCTIVA DE NOVILLITOS A. ANGUS COLORADOS PURO Y CRUZAS X SHORTHORN EN PASTURAS Y SUPLEMENTADOS CON GRANO DE SORGO CON ALTO TANINO

Tabla 46: Resultados de los modelos evaluados (1° etapa)

Modelos ajustados						
	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Sign Modelo	CME
<u>Modelo cuadrático</u>						
Novillos Angus colorado (1° etapa)	178,98	1,17	-0,0010	0,99	***	31,36
EE(±)	1,4	0,03	0,0001			
<u>Modelo cuadrático</u>						
Novillos Angus x Shorthorn (1° etapa)	180,31	1,21	-1,20E-03	0,99	***	33,26
EE(±)	1,44	0,03	9,90E-05			

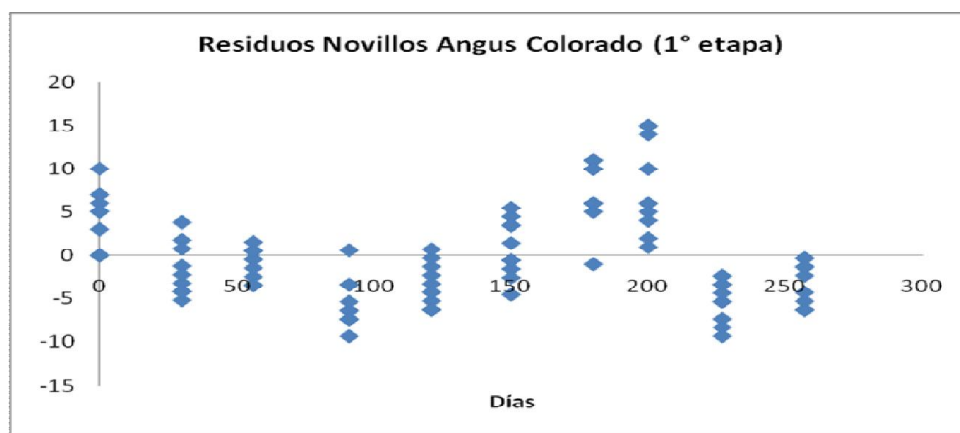


Figura 36: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado para el tratamiento 1° (AA colorado) de la 1° etapa

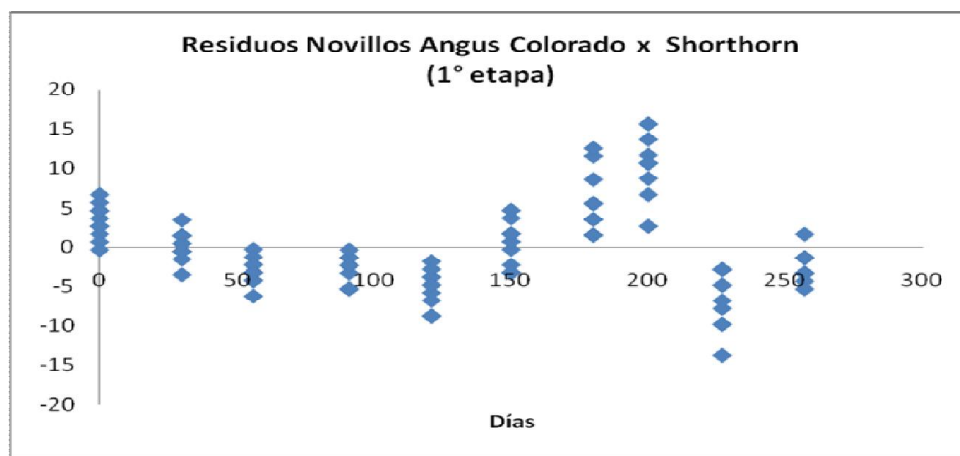


Figura 37: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado para el tratamiento 2° (AAxSh) de la 1° etapa

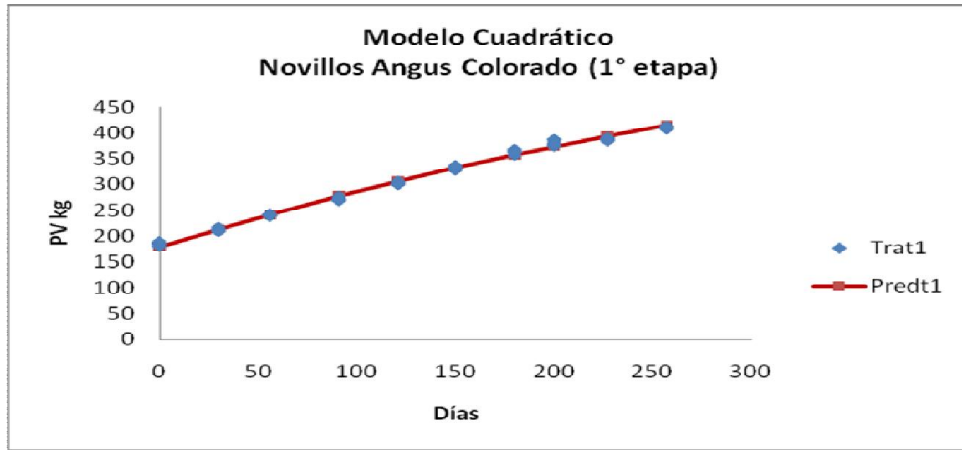


Figura 38: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático para el tratamiento 1° (AA colorado) de la 1° etapa

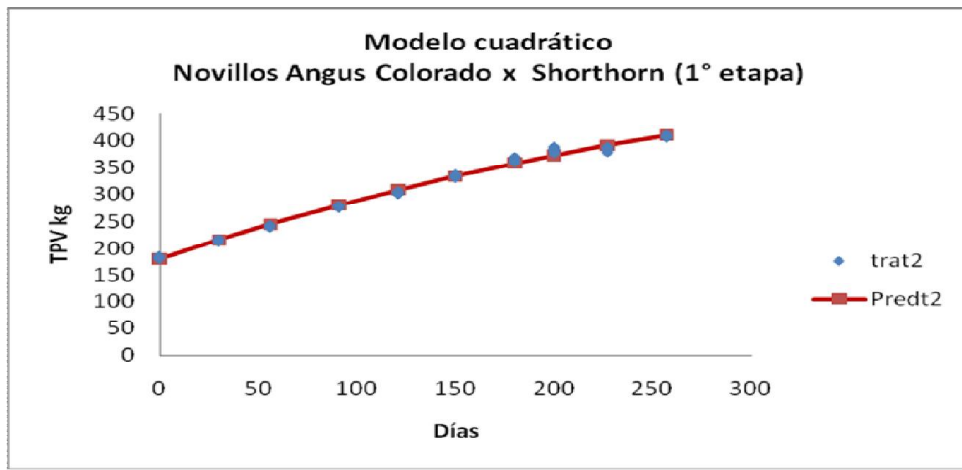


Figura 39: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático para el tratamiento 2° (AAxSh) de la 1° etapa

Tabla 47: Resultados de los modelos evaluados (1° vs 2° etapa)

Modelos ajustados						
	alfa	beta	ganma	R2	Sign Modelo	CME
<u>Modelo cuadrático</u>						
Novillos Angus colorado x Shorthorn (1° etapa)	180,31	1,21	-0,0012	0,99	***	33,26
EE(±)	1,44	0,03	0,0001			
<u>Modelo lineal</u>						
Novillos Angus colorado x Shorthorn (2° etapa)	220,04	1,06		0,99	***	44,78
EE ( ± )	1,32	0,01				

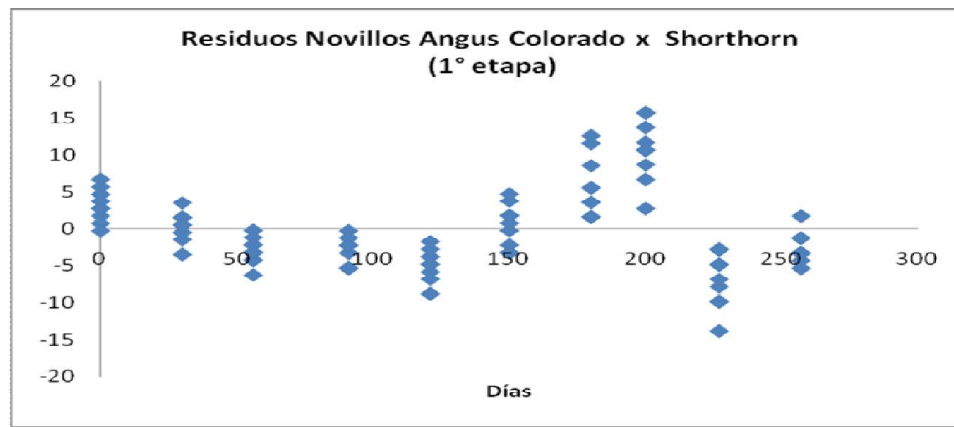


Figura 40: Comportamiento de los residuos para el modelo cuadrático ajustado para la 1° etapa (AAxSh)

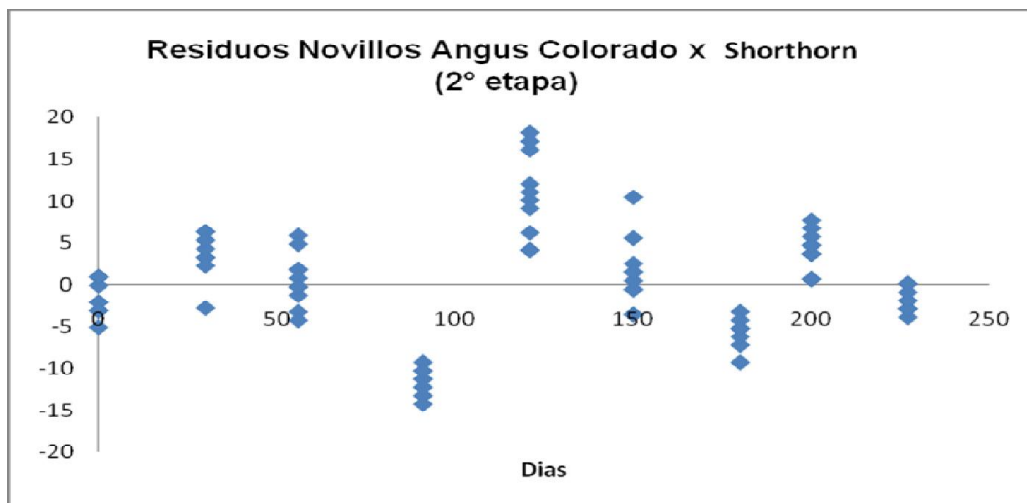


Figura 41: Comportamiento de los residuos para el modelo lineal ajustado para la 2° etapa (AAxSh)

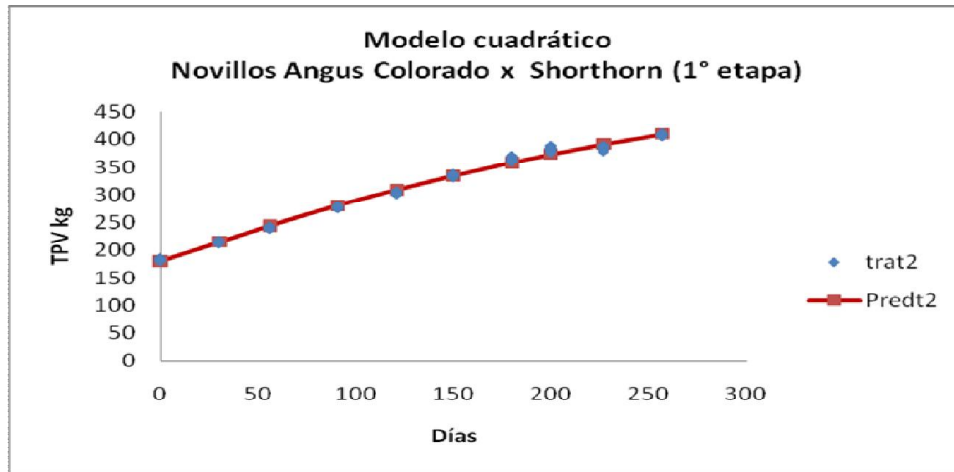


Figura 42: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo cuadrático para el 1° etapa (AAxSh)

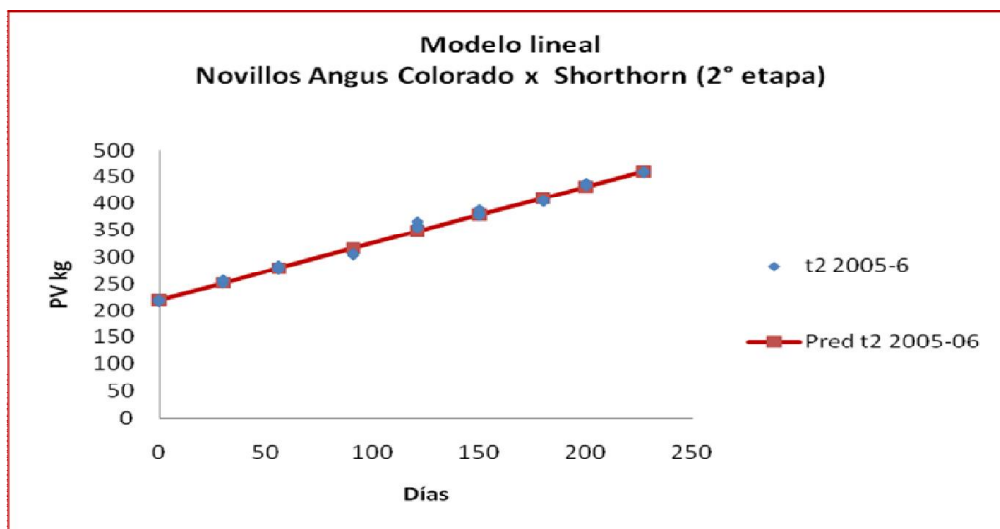


Figura 43: comportamiento gráfico de los pesajes individuales y los valores predichos por el modelo lineal para el 2° etapa (AAxSh)