

MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR

INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL



-TESIS POSDOCTORAL-

**Evaluación de parámetros Energéticos-
Proteicos y Productivos del *Panicum maximum*
y
P. coloratum, en diferentes estados de madurez
y por efectos de defoliaciones periódicas.
Su impacto sobre los sistemas de producción
de carne bovina. Estrategias de mejora.**

Dr.C. Aníbal Enrique Fernández Mayer

2013/2015

INTA-ICA-UNIVERSIDAD AGRARIA LA HABANA

Fotografías de los sitios experimentales

Instituto de Ciencia Animal (Cuba)



Foto 1



Foto 2



Foto 3

Estación Experimental Indio Hatuey (Cuba)



Foto 4



Foto 5

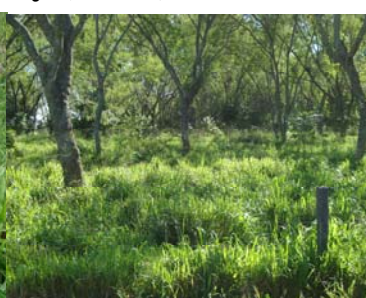


Foto 6

Estación Experimental de INTA Bordenave (Buenos Aires, Argentina)



Foto 7



Foto 8



Foto 9

Ensayo con animales en Tornquist (Buenos Aires, Argentina)

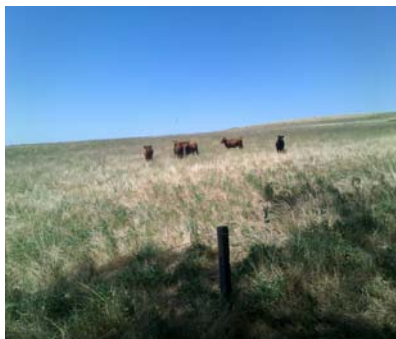


Foto 10



Foto 11



Foto 12

Descripción de las fotografías

- Foto 1: Imagen de la parcela utilizada en el Ensayo con animales con Guinea likoni en “monocultivo” en el área de Desarrollo del Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba.
- Foto 2: Animales de raza Siboney (5/8 Holstein y 3/8 Cebú) utilizados en el ensayo de “monocultivo” de Guinea likoni en el ICA.
- Foto 3: Imagen del Ensayo de corte con Guinea likoni de “monocultivo” realizado en el ICA (área de Desarrollo), la fotografía muestra durante el muestreo con un marco de madera (1 m²).
- Foto 4: Imagen del Ensayo de corte de Guinea likoni bajo “Leucaena” llevado a cabo en la Estación Experimental Indio Hatuey (Cuba).
- Foto 5: Primer plano de una planta de Guinea likoni (*Panicum maximum*) bajo *Leucaena* en Indio Hatuey.
- Foto 6: Rebrote del Guinea likoni bajo “*Leucaena*” en el ensayo de Indio Hatuey.
- Foto 7: Imagen del Ensayo de corte del Mijo perenne (*P. coloratum*) realizado en la Estación Experimental de INTA Bordenave (Argentina).
- Foto 8: Primer plano de 3 macetas (Guinea likoni, Gatton panic y Mijo perenne) en el Ensayo de corte dentro de “Invernadero” en INTA Bordenave.
- Foto 9: Imagen del Invernadero utilizado en el Ensayo de corte en INTA Bordenave, donde se observa la distribución espacial de las macetas de los *Panicum maximum* (Guinea likoni y Gatton panic) y del *P. coloratum* (Mijo perenne).
- Foto 10: Parcela del Ensayo con animales (vaquillonas de raza Angus -británica-) realizado en Tornquist, Buenos Aires, Argentina.
- Foto 11: Vaquillonas Angus comiendo el concentrado proteico (Pellet o Raicilla de Cebada) en el Ensayo de Tornquist.
- Foto 12: Imagen del Mijo perenne junto al cultivo de *Vicia villosa* (fuente proteica) utilizada en el Ensayo de Tornquist.

TESIS POSDOCTORAL

Evaluación de parámetros energéticos-proteicos y productivos del *Panicum maximum* y *P. coloratum*, en diferentes etapas de madurez y por efectos de defoliaciones periódicas. Su impacto sobre los sistemas de producción de carne bovina. Estrategias de mejora.

Consejeros de la tesis

- Dr. C. Pedro Carlos Martín Méndez (Nutrición Animal, ICA)
- Dra. C. Verena Torres (Estadística y Biometría, ICA)
- Dr. C. Rafael Herrera (Forrajes y Ecofisiología, ICA)
- Dr. C. René Stuart Montalvo (Químico, Nutrición Animal, ICA)

Colaboradores

Del Instituto de Ciencia Animal (Mayabeque, Cuba)

- Dra. C. Dayleni Fortes Gonzalez
- Dr. C. Raúl Mejías Rodríguez
- Dra. C. Bertha Chongo García
- Dr. C. José Andrés Díaz Untoria
- Dra. C. María Felicia Díaz
- Dr. C. Cesar Padilla
- Dr. C. Duniesky Rodriguez
- Dr. C. Yurangel Sardiñas
- Técnicos del Laboratorio de forrajes y de Metabolismo animal

De la Estación Experimental de Indio Hatuey (Cárdenas, Cuba)

- Dr. C. Jesús Iglesias Gómez
- Dra. C. Odalis Toral Pérez
- Med. Vet. (M.Sc.) Iván Lenin

De la Universidad Agraria de La Habana

- Dr. C. Pedro Pablo del Pozo Rodríguez

Del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Bordenave y Balcarce, Argentina)

- Ing. Agr. (M.Sc.) Alejandro Vallati (INTA Bordenave-)
- Dra. Mónica Agnudséi PhD (INTA Balcarce)
- Técnicos del Laboratorio de forrajes y de Metabolismo animal (INTA Bordenave)

Del INTA y Establecimiento Agropecuario de Tornquist (Buenos Aires, Argentina)

- Ing. Agr. (M.Sc.) Federico Labarthe (INTA Tornquist)
- Med. Vet. Leandro Mazzarini (Productor Agropecuario)
- Lic. Marcos Mazzarini (Productor Agropecuario)
- Estudiantes de pre-grado de la Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca, Arg.)

AGRADECIMIENTOS

- A los Directivos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Bordenave, del Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS) de Balcarce y al Consejo Directivo de INTA Central, Buenos Aires, República Argentina quienes confiaron en mí y me otorgaron una Beca para hacer el PosDoctorado.
- A todo el equipo de Consejeros, colaboradores del ICA, del INTA y del Establecimiento Agropecuario que brindaron desinteresadamente su tiempo y dedicación, gracias a ellos se mantuvo un sentido crítico y sistémico a lo largo de toda la tesis.
- A los diferentes Especialistas del área de Biomatemática, del Departamento de Rumiantes y de Bioquímica del Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Mayabeque quienes colaboraron desinteresadamente cada vez que fueron requeridos.

DEDICATORIA

A Nora (mi esposa)

Marina, Rodrigo y Enrique (mis hijos)

Beba (mi Suegra)

Por el estímulo, apoyo y comprensión.

INDICE

<u>CONTENIDOS</u>	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN GENERAL	12
<u>CAPÍTULO I</u>	18
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	18
I.1.- Fisiología de las plantas C ₄ , algunas consideraciones.	18
I.2.- Algunos factores climáticos que afectan el crecimiento y calidad de los pastos (temperatura, radiación solar, precipitaciones y concentración de CO ₂)	22
I.3.- Valoración de alimentos	30
I.3.1.- Carbohidratos (estructurales y no estructurales – solubles-)	31
I.3.2.- Proteínas	36
I.3.3.- Lignina	36
I.4.- Comportamiento del <i>Panicum maximum</i> y <i>coloratum</i> a condiciones de monocultivo y bajo sombra (<i>Leucaena leucocephala</i>)	37
I.5.- Respuesta productiva (efectos de la MS de la dieta, suplementación energética-proteica, digestibilidad, factores físicos y metabólicos y sustitución)	39
I.6.- Análisis económico	46
<u>CAPÍTULO II</u>	47
METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	47
II.- MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES	47
II.1.- Características generales de los sitios Experimentales en Argentina	47
II.2.- Características generales de los sitios Experimentales en Cuba	50
II.3.- Extracción, manejo de las muestras y análisis químicos (producción de forraje, caracterización fenotípica, intensidad lumínica, térmica y radiaciones, calidad de los alimentos, mediciones de los experimentos con animales)	53
II. 4.- Análisis estadístico	57
II.5.- Análisis económico	57
<u>CAPÍTULO III</u>	58
TRABAJOS EXPERIMENTALES	58
III. A ENSAYOS DE CORTE	58
<u>1° Experimento bajo corte</u>	
III.A.1.- Evaluación de parámetros productivos y nutricionales (energéticos-proteicos) del <i>Panicum coloratum</i> cv. Verde y <i>P. maximum</i> cv. Gatton panic y Guinea Likoni, con defoliaciones periódicas en las diferentes etapas de madurez. Estudio del	58

comportamiento fenológico de ambas especies, en invernadero (ambiente controlado)	
III.A.1.1.- Materiales y métodos específicos del ensayo	59
III.A.1.2.- Resultados	61
III.A.1.2.1.- Evaluación de parámetros productivos, nutricionales y fenológicos del <i>P. coloratum</i> (Mijo perenne), <i>P. maximum</i> cv Gatton y Guinea likoni en invernadero.	61
<u>2° Experimentos bajo corte</u> (3 casos)	75
III.A.2.- Producción y calidad de forraje del <i>Panicum coloratum</i> vc. Verde y <i>P. maximum</i> cv. Guinea likoni, con defoliaciones periódicas en diferentes estados fenológicos, como monocultivo (Argentina) y monocultivo y asociado con <i>Leucaena leucocephala</i> cv. Cunningham (Cuba), desde el macollaje hasta la senescencia de las plantas (cultivo seco por heladas o sequía).	
III.A.2.1.- Materiales y métodos específicos de los ensayos	76
III.A.2.1.1.- Experimento con <i>P. coloratum</i> (monocultivo) en Argentina	77
III.A.2.1.1.2.- Resultados	78
III.A.2.1.2.- Experimento con <i>P. maximum</i> cv Guinea likoni (monocultivo) en ICA y asociado con <i>Leucaena leucocephala</i> cv. Cunningham en Indio Hatuey, ambos en Cuba	83
III.A.2.1.2.1.- Resultados	84
III.A.2.1.3 Estudios con Termómetro infrarrojo y Radiómetro (Ensayo de corte en el campo e invernadero en el INTA Bordenave)	86
III.A.2.1.4.- Estudios con Luxómetro (Ensayo de corte en el Indio Hatuey)	87
III.A.2.2.- Discusión de los 4 ensayos de corte	89
III.A.2.2.3.- Algunos Factores ambientales y de manejo que explican, parcialmente, la respuesta productiva y la calidad nutricional de los 4 Ensayos de Corte.	104
III. B.- Ensayos con animales (Cuba y Argentina)	108
III.B.1.-Materiales y métodos específicos de ambos ensayos	111
III.B.2.- Experimento en Cuba	114
III.B.3.- Experimento en Argentina	121
III.B.4.- Discusión de los experimentos con animales	128
<u>CAPÍTULO IV.</u>	140
ESTRATEGIAS DE MEJORA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
IV.1 Estrategias de mejora	140
IV. 2 Conclusiones generales y recomendaciones	140
IV. 2.1 Conclusiones generales	140
IV. 2.2 Conclusiones específicas	141
IV. 2.3 Recomendaciones.	142
Referencias bibliográficas.	144
Anexos	156

ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS

Términos	Simbologías
Acido acético	C_2
Ácidos grasos volátiles de cadena corta	AGV
Acido propiónico	C_3
Adenosín trifosfato	ATP
Ácidos grasos insaturados	AGI
Ácido dexosiribonucleico	ADN
Ácido ribonucleico	ARN
Asignación de forraje (<i>kg. MS cada 100 kg. de PV</i>)	Af
Amino ácido	AA
Brown Middle Rib o sorgo nervadura marrón	BMR
Amoníaco	NH_3
Calidad nutricional	CN
Carbohidratos	CHO
Carbohidratos estructurales	CHOE
Carbohidratos no estructurales	CNE
Carbohidratos no estructurales solubles	CNES
Carbonato de calcio	$CO_3 Ca_2$
Carga animal (<i>n° de animales/ hectárea o kg. de peso vivo/ hectárea</i>)	CA
Cereales forrajeros de invierno	CFI
Coeficiente de engrasamiento	Kf
Coeficiente de determinación	R^2
Consumo voluntario de materia seca	CVMS
Costo de Producción (<i>USD/kg. Producido</i>)	CP
Cuadrado medio del error	CME
Digestibilidad in vitro de la MS	DIVMS
Dióxido de carbono	CO_2
Diseño completamente aleatorizado	DCA
Dólar americano	USD
Durbin-Watson	DW
Desviación estándar	DE
Dólar estadounidense	u\$s
Eficiencia de conversión (<i>kg. de MS/ kg. carne producido</i>)	ECv
Energía metabolizable	EM
Engorde a corral	EC
Engorde pastoril	EP
Error estándar	EE
Equivalente reducido	NADPH
Etcétera	Etc.
Fibra físicamente efectiva	feFDN
Fibra detergente ácido	FDA
Fibra detergente neutro	FDN
Fósforo	P
Grado centígrado	C°
Grano de maíz	GM

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>
Nanomatreo	<i>nm</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⁻¹</i>)	<i>PC</i>
Proteína bruta	<i>PB</i>
Proteína bruta soluble	<i>PBS</i>
Toneladas	<i>t</i>
Variedad o cultivar	<i>vc.</i>

RESUMEN

La producción ganadera se desarrolla en Argentina y en el resto de América Latina y el Caribe, especialmente, en regiones adversas (clima y suelo) para producir forrajes de alta calidad, desplazada por la agricultura. En las regiones tropicales y subtropicales se busca, en general, “*mayor producción de forraje por hectárea*” independiente de la calidad de ese forraje. A partir de esta realidad, los objetivos de la tesis fueron evaluar la *producción y calidad del Panicum maximum* y *P. coloratum* en diferentes estados de madurez y determinar *estrategias de manejo que permitan producir más carne con el menor costo posible*. Para ello, se evaluó el manejo tradicional (MT) vs manejo mejorado (MM). Se entiende por MT al pastoreo de los forrajes tropicales sin eliminar el pasto viejo de la campaña anterior (época de sequía o fría con heladas); en parcela para varios días de duración (moderada a baja carga animal); empezando a pastorear desde 1.0 a 1.2 m de altura y con baja o sin suplementación adicional. Mientras que el MM propone cortar el forraje viejo de la campaña anterior (± 40 -50% muerto) hasta 20-25 cm de altura unos 45-60 días previos al inicio de la nueva campaña, con una desmalezadora o chapeadora o bien directamente con los dientes de los animales para facilitar un rebrote sano y de alta calidad; pastoreo desde los 0.40 hasta 1.0 m de altura; desmalezado del forraje remanente en caso de ser necesario; con alta carga animal y baja proporción o sin ella de un concentrado proteico adicional. Se realizaron 6 experimentos (3 en Cuba y 3 en Argentina). De ellos, 4 fueron de *corte de forraje* y 2 *con animales*. En los ensayos de corte, se evaluó la producción y calidad de los *Panicum* en diferentes estados de madurez. En Argentina, los 2 ensayos de corte se realizaron en el INTA Bordenave (Buenos Aires), el primero fue en invernadero con ambiente controlado (temperatura y humedad) donde se evaluaron 3 materiales, los *P. maximum* cv. *Guinea likoni* y cv. *Gatton panic* y al *P. coloratum* cv *coloratum* o *Mijo perenne*; en tanto el segundo ensayo, se evaluó al Mijo perenne en monocultivo en una parcela en producción. Mientras que en Cuba, en los 2 ensayos de corte se evaluó al *P. maximum* cv. *Guinea likoni*, uno como monocultivo en el Instituto de Ciencia Animal y el otro bajo *Leucaena leucocephala* en la Estación Experimental de Indio Hatuey. En tanto, los 2 ensayos con animales se realizaron, uno en Cuba con Guinea likoni y vaquillonas (novillas) Siboney y el otro en Argentina, con Mijo perenne y vaquillonas Angus. En ambos casos se evaluaron la producción y calidad del forraje, la producción de carne individual y por hectárea y el costo de producción. Se concluye que los resultados de los análisis nutricionales, productivos y económicos de los 6 ensayos fueron consistentes y a favor del MM sobre el MT. Se recomienda profundizar estas líneas de investigación, buscando mejorar aún más los resultados obtenidos.

Palabras claves: *Panicum maximum* y *coloratum*, calidad, producción de carne, manejo mejorado y tradicional.

INTRODUCCIÓN

Los forrajes tropicales y subtropicales (megatérmicas o C_4), entre ellos, el *Panicum maximum* y *P. coloratum*, han revolucionado la producción forrajera de una amplia región de América Latina, el Caribe y, especialmente, en el centro norte de la Argentina, donde predominan climas cálidos. Estos forrajes generan un incremento significativo en la producción de forraje (kg MS/ha/año) (Del Pozo 2002) y ello permite elevar la carga animal (Senra 2005, Fernández Mayer *et al.* 2012, Avila 2014). Sin embargo, se desconoce la evolución de los parámetros energéticos-proteicos¹ (CNES, PB, PBS, Digestibilidad de la MS, EM, relación g PB/Mcal EM y la digestibilidad del FDN)¹ a lo largo del año (Argentina) o en la estación seca y húmeda (Cuba), especialmente, la variación que tienen en períodos cortos (quincenal, mensual o bimestral), tanto en el forraje fresco como el acumulado y, además, se desconoce cómo varían dichos parámetros químicos en las diferentes etapas de madurez, tanto en monocultivo como bajo *Leucaena leucocephala*.

Cuando la calidad de dichos forrajes no cubre los requerimientos proteicos y/o energéticos de los animales se “limita la producción de carne y los ingresos económicos”, y más aún cuando son utilizados diferidos (heno en pie) en el otoño-invierno (Argentina) (Petruzzi *et al.* 2003) o en la estación seca (Latinoamérica y el Caribe) (Juárez Lagunes *et al.* 2005). Esta situación se agrava, aún más, cuando se busca incrementar la producción de MS sin considerar la calidad de ese forraje y su impacto en los sistemas productivos. Lamentablemente, esto es muy común en grandes regiones ganaderas (Rearte 2010 y Fernández Mayer 2010).

Esta tesis propone hacer un “cambio de paradigma”. Para mejorar los sistemas ganaderos “pastoriles”, el **mejor indicador del impacto de la producción de forraje sobre la producción de carne** son los **kg MS/digestible y aprovechable/ha** asociados con la **concentración energética de la MS (Mcal EM/kg MS)** y la **relación proteína-energía (g PB/Mcal EM)** consumidos. Estos nuevos indicadores deberían reemplazar la expresión de “**kg MS/ha**, que no explica el comportamiento productivo ni la calidad del producto final (carne o leche) (Fernández Mayer *et al.* 2012).

¹PB: Proteína bruta PBS: proteína bruta soluble CNES: carbohidratos no estructurales solubles. EM: energía metabolizable. FDN: fibra detergente neutra

Esta tesis buscará determinar el impacto de los cambios de la calidad nutricional (energía-proteína) del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni y cv. Gatton panic y *P. coloratum* cv. Coloratum (Mijo perenne o Klein verde) sobre los sistemas de producción de carne de Argentina y Cuba, respectivamente. A partir del conocimiento de la evolución de dichos parámetros se podrán definir estrategias de aprovechamiento que conduzcan a mejorar, significativamente, los resultados productivos y económicos de los sistemas de producción de carne en las diferentes regiones.

1 Problemas de investigación

- ❖ Falta información sobre la producción de MS y evolución de los parámetros energéticos-proteicos (digestibilidad de la MS, y de la FDN, la EM, los CNES, PB, y PBS), y la relación PB/EM, con defoliaciones periódicas y en las diferentes estados de madurez del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni (Cuba –Cu-) y cv. Gatton panic (Argentina –Arg-) y *P. coloratum* cv. coloratum (Mijo perenne) (Arg), tanto en la estación húmeda (Cu) como en la estación cálida –primavero-verano (Arg), en monocultivo y asociado con *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham.
- ❖ Bajos índices productivos de carne por animal y por hectárea en las regiones tropicales, subtropicales (Centro América y el Caribe) y norte de la Argentina.
- ❖ Los menores niveles productivos (carne) generan una reducción en los ingresos, afectando el resultado económico y sustentabilidad de la empresa agropecuaria.

2.- Hipótesis

El conocimiento de la evolución de los parámetros energéticos-proteicos (CNES, PB, PBS, digestibilidad de la MS y de la FDN), la producción de forraje (kg MS digestible aprovechable/ha), la concentración energética de la MS (Mcal EM/kg MS) y la relación proteína-energía (g PB/Mcal EM) del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni y cv. Gatton panic y *P. coloratum* cv. Coloratum, en monocultivo y asociado con *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, con defoliaciones periódicas y en diferentes estados de madurez, permitirá definir estrategias de manejo que generen un incremento, significativo, de la producción de carne con o sin el agregado de un concentrado proteico en bajas proporciones (0.5 al 1% del PV), y con ello, mejorará el beneficio económico de la empresa agropecuaria.

3 Objetivo general

Determinar la producción de la MS, la producción de forraje digestible y aprovechable por hectárea, la evolución de los parámetros energéticos-proteicos, la concentración energética (Mcal EM/kg MS) y la relación PB/EM del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni y cv. Gatton panic y *P. coloratum* cv. coloratum, con defoliaciones periódicas, en diferentes estados de madurez, en monocultivo y asociado con *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham.

A partir de esta información se podrán definir estrategias para mejorar los resultados productivos y económicos de los sistemas de producción de carne en las regiones tropicales y subtropicales de América y del Caribe.

4.- Objetivos específicos

1. Definir la producción de MS/ha/año, la evolución de los parámetros energéticos-proteicos (digestibilidad de la MS, CNES, PB, FDN), la tasa de crecimiento diaria (kg MS/ha/día) y las curvas de crecimiento (g MS/kg MV), de la Digestibilidad de la MS, la relación PB/EM y la evolución de la PB, FDN, FDA y lignina, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad (invernadero) y a nivel de finca, con defoliaciones periódicas, en diferentes estados de madurez y de los rebrotes del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni y cv. Gatton panic y *P. coloratum* cv. Coloratum, tanto en monocultivo como asociado con *Leucaena leucocephala*.
2. Determinar cuál es el consumo de EM, de PB y la asignación de forraje de los *Panicum* en estudio, que permita alcanzar la mayor producción de carne y beneficio económico posible con vaquillonas (novillas) británicas Angus y Siboney (5/8 Holstein y 3/8 Cebú).
3. Evaluar el impacto de un **manejo mejorado** (MM) respecto al **manejo tradicional** (MT), que predomina actualmente, sobre la respuesta productiva y económica con *P. coloratum* cv. coloratum (Arg) y *P. maximum* cv. Guinea Likoni (Cu).

4. Establecer diferentes estrategias (**manejo mejorado**) que permitan el máximo aprovechamiento y calidad de ambos *Panicum*, con o sin suplemento proteico adicional (0.5 al 1% del PV), buscando obtener las mayores ganancias de peso y producción de carne individual y por hectárea posible que permitan sostener un resultado económico rentable (menor costo de producción), de acuerdo a las características de los sistemas productivos imperantes en la región.

5 Novedades científicas

- ❖ Se encontró una correspondencia entre el consumo de EM y la PB del forraje (> 40 g PB/Mcal EM), con un adecuado contenido proteico ($> 10\%$) y una asignación de forraje igual o superior a 3.50 kg MS cada 100 kg PV/día que permita una mayor eficiencia de transformación de un pasto en producción de carne.
- ❖ Se caracterizó la calidad nutricional, la producción de forraje (kg MS/ha y kg MS digestible/ha), las curvas de producción de MS y de la digestibilidad MS, FDN, FDA, lignina, la relación PB/EM y la concentración energética (Mcal EM/kg MS), tanto potencial bajo condiciones controladas en invernadero, en monocultivo y bajo *Leucaena leucocephala* con *Panicum maximum* cv. Guinea likoni, *P. maximum* cv. Gatton panic y *P. coloratum* cv. Coloratum, sin empleo de fertilizantes.
- ❖ Se definió una nueva estrategia de aprovechamiento (**manejo mejorado**) compuesta por cortar del forraje viejo de la campaña anterior hasta 20-25 cm de altura 45-60 días previos al inicio de la nueva campaña, con una desmalezadora o chapeadora o bien directamente con los dientes de los animales para facilitar un rebrote sano y de alta calidad; pastoreo con alta carga animal desde los 0.40 hasta 1.0 m de altura; desmalezado o chapeado del forraje remanente cuando el rastrojo haya quedado muy desperejo; incluso, se debería agregar más animales o cortar el forraje que no se podrá comer cuando supere el 1.0 m de altura para hacer reservas forrajeras. Además, siempre que se busquen ganancias por arriba de los 800 g diarios se debería agregar un concentrado proteico en bajas proporciones ($<1\%$ PV).

- ❖ El **manejo mejorado** con **concentrado proteico** y en bajas proporciones (0.5 a 1% PV), entre 600 a 700 g PB/cab./día, obtuvo muy buenos indicadores de producción de carne (>0.830 kg/cabeza/día y >150 kg carne/ha) y costo de producción (\pm 0.65 USD/kg). En tanto, el **manejo mejorado sin concentrados** tuvo adecuados indicadores (>0.600 kg/cabeza/día, producción de carne >111 kg carne/ha y un costo de producción de 0.4 a 0.56 USD/kg), siendo mejores que los MT (testigos).

6 Aportes

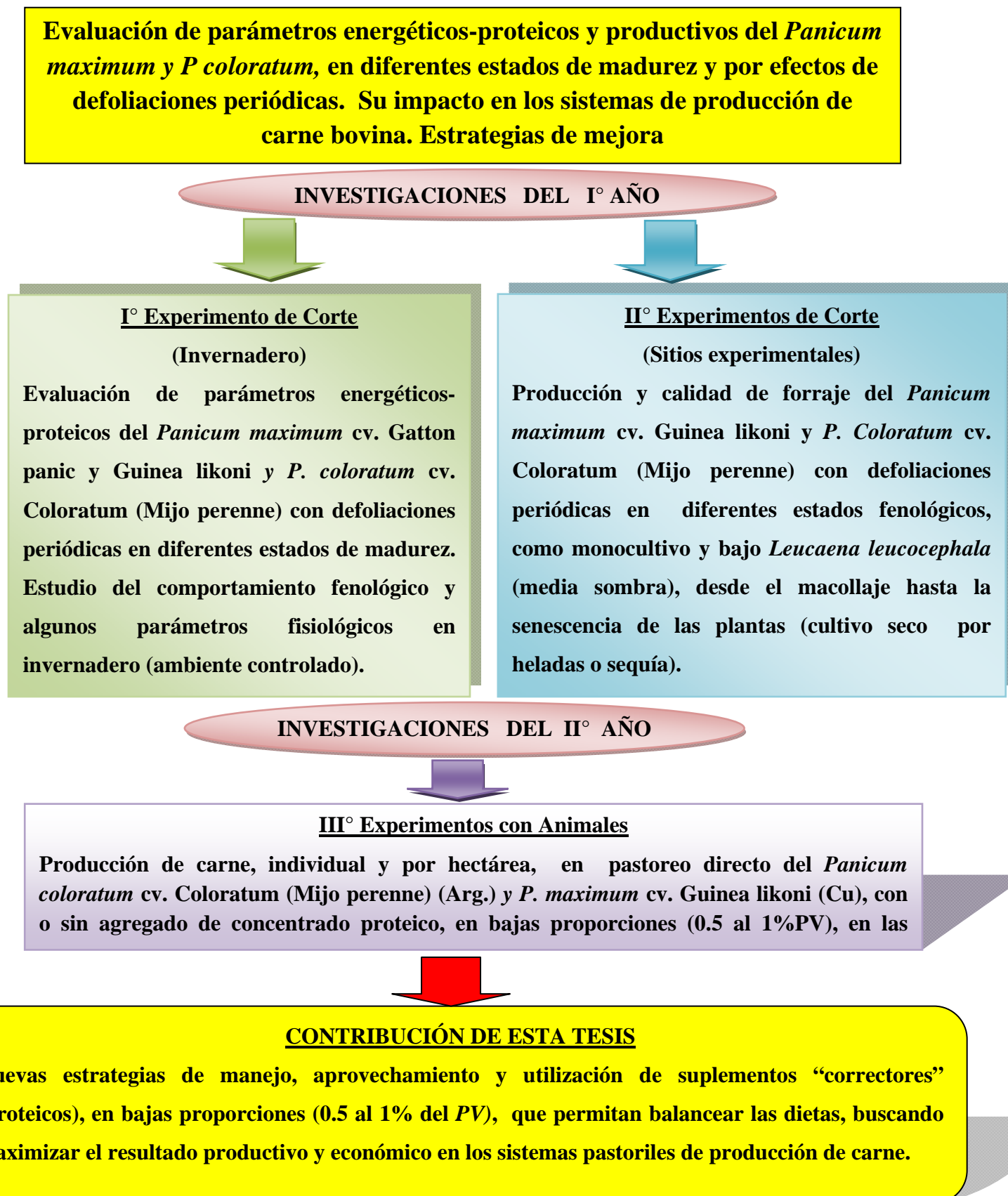
- ❖ Se determinaron las curvas de crecimiento y la de los parámetros nutricionales evaluados y la producción de MS y la calidad nutricional “potencial” bajo condiciones controladas (temperatura y humedad) en invernadero de los *Panicum maximum* cv Guinea likoni y cv Gatton panic y del *P. coloratum* cv coloratum
- ❖ Se definieron “nuevas estrategias de manejo” que mejoran, en forma significativa, la calidad energética y proteica del *Panicum maximum* y *P. coloratum*, y con ellas, incrementan los indicadores productivos y económicos con o sin concentrado proteico en baja proporción (0.5 al 1% PV). Todo ello, contribuirá a la viabilidad de los sistemas de producción de carne en diferentes países donde existan condiciones adecuadas para el cultivo de los *Panicum* evaluados.

7 Importancia práctica

Como producto de esta tesis se determinó la evolución de los parámetros energéticos-proteicos, la producción de forraje digestible y aprovechable por hectárea y la concentración energética del *Panicum coloratum* cv. coloratum (Mijo perenne) (Arg) y *P. maximum* cv. Guinea likoni (Cu) y Gatton panic (Arg), en los diferentes estados de madurez y por efectos de las defoliaciones periódicas en invernadero, monocultivo y bajo *Leucaena leucocephala*.

Se definieron las características del **manejo mejorado**, como una nueva estrategia de aprovechamiento, que permitió mejorar todos los indicadores productivos y económicos y, con ellos, la sustentabilidad de los sistemas de producción de carne en las regiones cálidas de América y del Caribe.

Figura 1: Diagrama de flujo de la tesis



CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I.1.- Fisiología de las plantas C₄, algunas consideraciones.

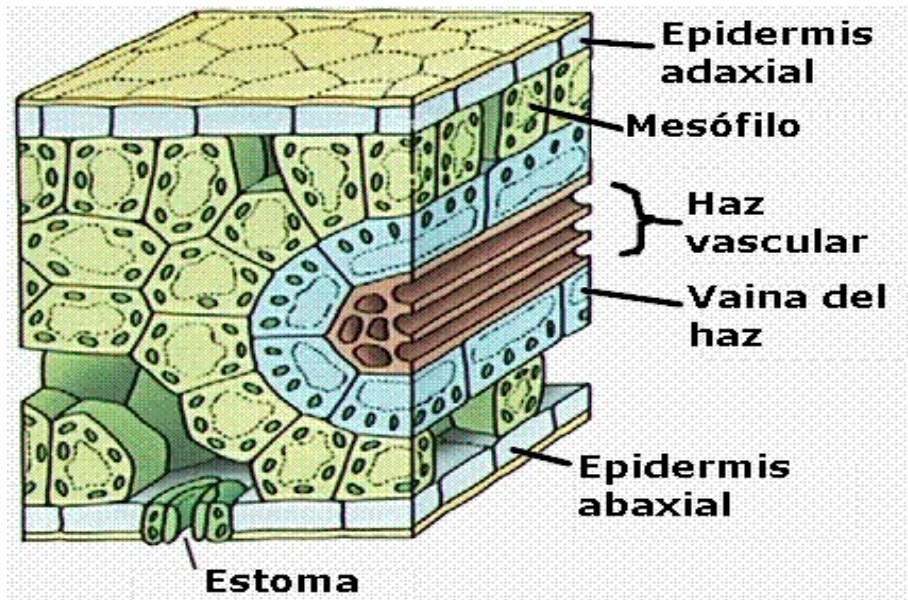
La fotosíntesis en las plantas C₃ y C₄ es un proceso que ocurre en dos fases. La primera fase es un proceso que depende de la luz (reacciones luminosas), requiere la energía directa de la luz que genera los transportadores que son utilizados en la segunda fase. La fase independiente de la luz (reacciones de oscuridad), se realiza cuando los productos de las reacciones de luz son utilizados para formar enlaces covalentes carbono-carbono (C-C), de los carbohidratos. Las reacciones oscuras pueden realizarse en la oscuridad, con la condición de que la fuente de energía (ATP) y el poder reductor (NADPH) formados en la luz se encuentren presentes. Las reacciones de oscuridad se efectúan en el estroma; mientras que las de luz ocurren en los tilacoides.

La clorofila es una molécula compleja, formada por cuatro anillos pirrólicos, un átomo de magnesio y una cadena de fitol larga (C₂₀ H₃₉ OH). En las plantas y otros organismos fotosintéticos existen diferentes tipos de clorofilas (a, b, c, d y e). La clorofila “A” es la que nos interesa desde el punto de vista práctico en las plantas C₃ y C₄. La clorofila A absorbe las longitudes de ondas violeta, azul, anaranjado- rojizo, rojo y pocas radiaciones de las longitudes de onda intermedias (verde- amarillo- anaranjado). De toda la radiación incidente sobre una hoja, sólo los fotones cuya longitud de onda está comprendida entre los 400 y los 700 nm (nanómetro) resultan útiles para la fotosíntesis, es la llamada radiación fotosintéticamente activa (PAR). El flujo de fotones fotosintéticos es absorbido por las hojas, constituye la fuente de energía utilizada en la fotosíntesis y determina la tasa de asimilación del CO₂.

Las plantas C₄ poseen una estructura foliar conocida como anatomía de Kranz, que se caracteriza por tener las células del mesófilo dispuestas en corona alrededor de la vaina de los haces vasculares, las cuales poseen paredes celulares gruesas con cloroplastos de mayor tamaño, más abundante y en disposición específica (Figura 2).

Mientras que las C_3 presentan un solo tipo de célula con cloroplastos que tienen una estructura agranal y un menor grado de especialización.

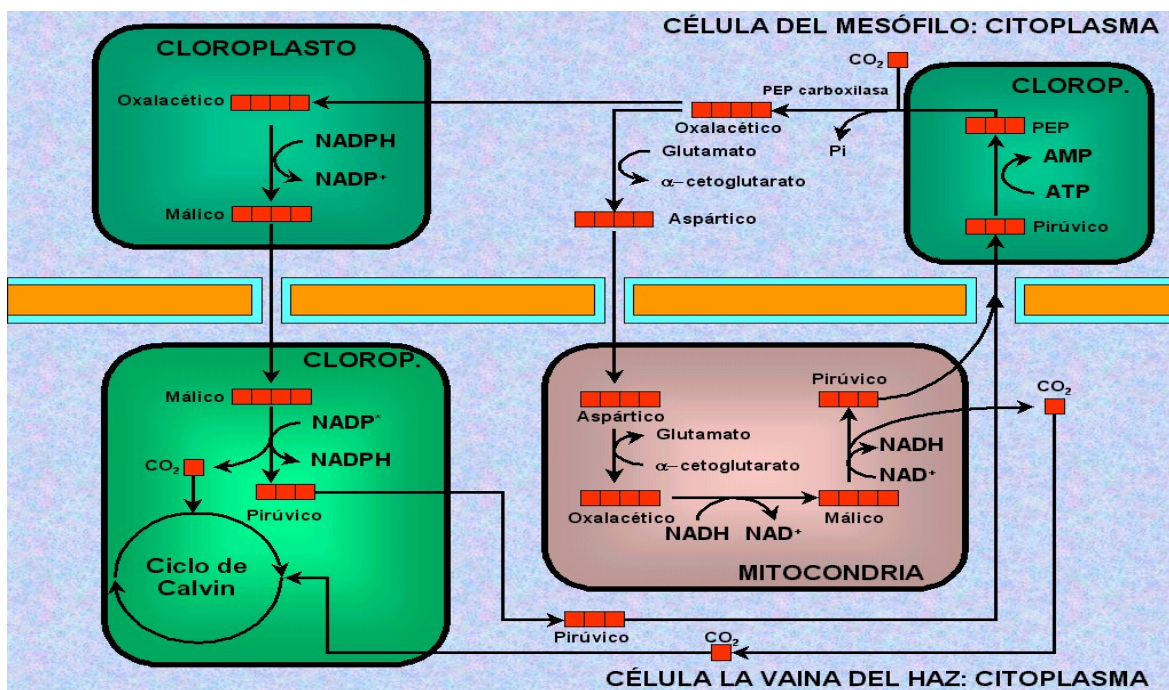
Figura 2



Las vías bioquímicas que utilizan las plantas C_3 y C_4 también presentan diferencias. En las células del mesófilo de las plantas C_3 , la enzima receptora del CO_2 es la ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa - oxigenasa (RUBISCO) y el producto primario en el proceso de reducción es el ácido 3-fosfoglicérico (APG), el cual se reduce a gliceraldehido 3-fosfato (GAP), compuesto de alto nivel energético y punto de partida para la síntesis de hexosas, de las cuales una parte son empleadas para la regeneración de la RUBISCO, (Ciclo de Calvin-Benson) (Miranda Mejía y Osorio Aparicio 2012y Del Pozo 2002).

Mientras que en las plantas C_4 el CO_2 es fijado en dos compartimientos diferentes: en el mesófilo el CO_2 es fijado como HCO_3^- - por la anhidrasa carbónica (AC) para ser tomado a continuación por la fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPc) que incorpora el carbono al ácido oxalacético (C_4). Este ácido oxalacético (C_4) es transportado hacia la vaina del haz vascular por la acción de acarreadores específicos ATP dependientes en donde es descarboxilado para liberar CO_2 que es fijado por RUBISCO e incorporado en el ciclo de Calvin-Benson (Figura 3).

Figura 3



Con la acción de este mecanismo de concentración y bombeo de CO_2 hacia los sitios de fijación por RUBISCO la planta es capaz mantener *tasas altas de asimilación de CO_2* en presencia de *baja concentración intercelular* de dicho gas. Si bien las plantas C_4 tienen una mejor adaptación al uso eficiente del agua no son más tolerantes al estrés hídrico severo que las C_3 (Badger y Price 1994; Benavides 2013).

A pesar de las ventajas antes señaladas, las plantas C_4 requieren de un costo energético (ATP) superior para el desarrollo de la fotosíntesis, aunque existe una amplia variación en los valores entre especies, lo cual puede estar relacionado, en parte, con diferencias metabólicas. No obstante, el balance energético general es superior, debido a que realiza una *mayor actividad fotosintética por unidad de superficie foliar*. Esta mayor eficiencia fotosintética le confiere a las plantas C_4 mayores niveles de crecimiento respecto a las plantas C_3 , cuyos valores pueden alcanzar hasta $17 \text{ g MS/m}^2/\text{día}$ (62.4 t MS/ha/año), siempre que no existan limitaciones biológicas y las condiciones ambientales sean favorable (tablas 1 y 2) (Del Pozo 2004).

Tabla 1: Comportamiento de los forrajes C₃ y C₄

Vía	C ₃	C ₄
Enzima responsable de la carboxilación inicial	Rubisco	Fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPc)
Anatomía	Normal	Kranz
Tasa de fotosíntesis	Media	Alta
Inhibición de la fotosíntesis por oxígeno	SI	No
Eficiencia en el uso del agua	Baja	Media
Hábitat	Amplio	Áreas tropicales y hábitat árido

Fuente: Romero (2014)

Tabla 2: Características fisiológicas diferenciales entre gramíneas templadas (C₃) y tropicales (C₄).

Parámetro	C ₃	C ₄
Anatomía foliar	Sin vaina vascular	vaina vascular con cloroplastos
Enzima primaria de carboxilación	RU-DP carboxilasa	PEP carboxilasa
Primer producto elaborado	Acido 3-fosfoglicérico (C ₃)	Acido oxalacético (C ₄)
Fotorrespiración	presente (25-30%)	presente pero menos (10-25 %)
Saturación de luz	30-35.000 lux	+ de 70.000 lux
Tasa fotosintética en condiciones óptimas	moderada	alta
CO ₂ fijado	10-30 mg/dm ² /h	50-70 mg/dm ² /h
Punto de compensación	mayor CO ₂ (> 30 ppm)	menor CO ₂ (0-10 ppm)
Temperatura óptima crecimiento aéreo	18-25 °C	28-35 °C
Temp. mínima crecimiento aéreo	5-8 °C	12-15 °C
Temp. máxima crecimiento aéreo	30-35 °C	40-45 °C
Conveniencia alternancia temp. diaria	si	no
Temp. óptima crecimiento radicular	10-16 °C	20-25 °C
Eficiencia en el uso del agua	900	400-600
Respuesta al agregado de nitrógeno	menor	mayor

Fuente: Romero (2014)

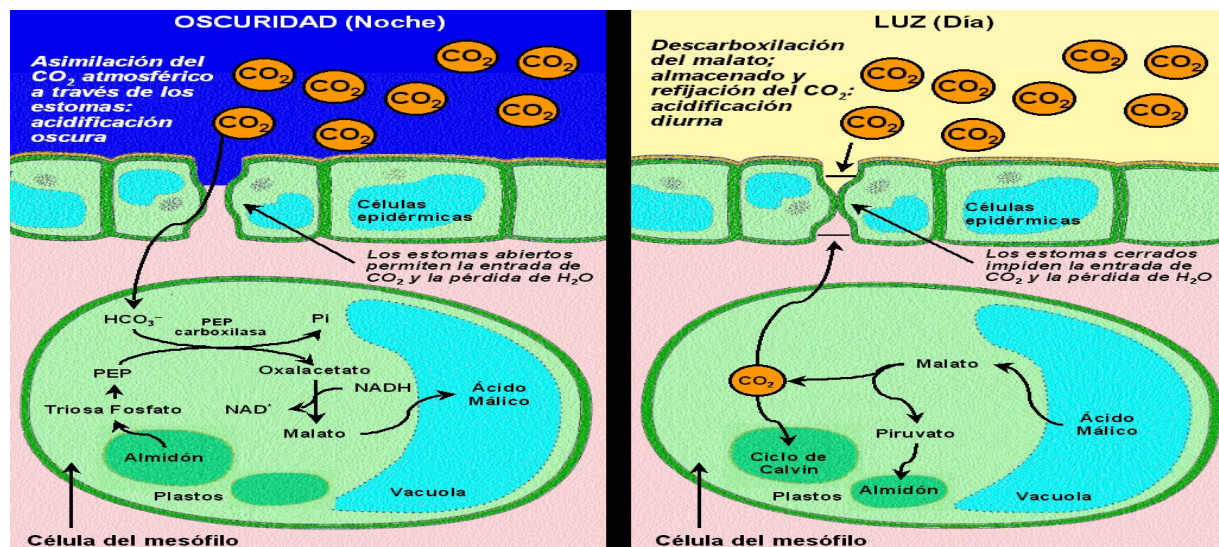
Sin embargo, este mayor potencial que tienen las plantas C₄ respecto a las C₃ para generar mayor producción de MS, no garantiza mejores niveles de producción de carne o leche debido a la existencias de otros factores (anatómicos y morfológicos) que la hacen menos digestible y con ella, se logran menores consumos de MS (Del Pozo 2002).

Durante la noche la apertura de los estomas permite la difusión de CO_2 que es fijado como HCO_3^- por la anhidrasa carbónica y es tomado por la PEPc que lo incorpora en ácidos oxalacético (C_4) que se acumulan en las vacuolas vía una bomba de membrana ATP dependiente. Durante el día los estomas cierran y los ácidos C_4 son llevados al citoplasma, a través de un mecanismo aparentemente pasivo, en donde son descarboxilados. El CO_2 liberado, que alcanza concentraciones internas muy altas, es fijado en los cloroplastos por RUBISCO para incorporarlo al ciclo de Calvin-Benson (Figuras 3 y 4).

A bajas concentraciones de CO_2 (como cuando se cierran los estomas para evitar pérdida de agua en la planta), la Rubisco reacciona con O_2 en vez de CO_2 . Esta reacción provoca una disminución del porcentaje de carbono fijado y está asociada al fenómeno denominado fotorrespiración.

Estos procesos son más graves a temperaturas relativamente altas, disminuyendo la tasa de fotosíntesis.

Figura 4



I.2.- Algunos factores climáticos que afectan el crecimiento y calidad de los pastos

La calidad y producción de MS de los forrajes dependen de varios factores, entre ellos, se destacan aquellos inherentes al ambiente (temperatura, suelo, precipitaciones, etc.) que pueden afectar enormemente dichos parámetros (Tabla 3).

Tabla 3: Factores ambientales que influyen en la composición y valor nutritivo de los forrajes.

Parámetros	Temperatura	Luz	Nitrógeno	Agua	Defoliación
Producción de forraje	+	+	+	+	-
Carbohidratos solubles	-	+	-	-	+
Nitratos (Proteína Bruta)	-	-	+	ND	+
Pared celular	+	-	±	+	-
Lignina	+	-	+	+	-
Digestibilidad	-	+	±	-	+

Referencias: (+) efecto positivo; (-) efecto negativo; (±) efecto variable; ND: datos no disponibles. Fuente: Van Soest et al (1978).

I.2.1.-Temperatura

A medida que se incrementa la temperatura se eleva la lignificación de la pared celular y promueve una mayor actividad metabólica, decreciendo el pool de metabolitos dentro de la célula (Ludlow y Wilson 1971 y Van Soest, 2012). Los fotosíntatos son rápidamente convertidos en componentes de la pared celular (Van Soest et al 1978).

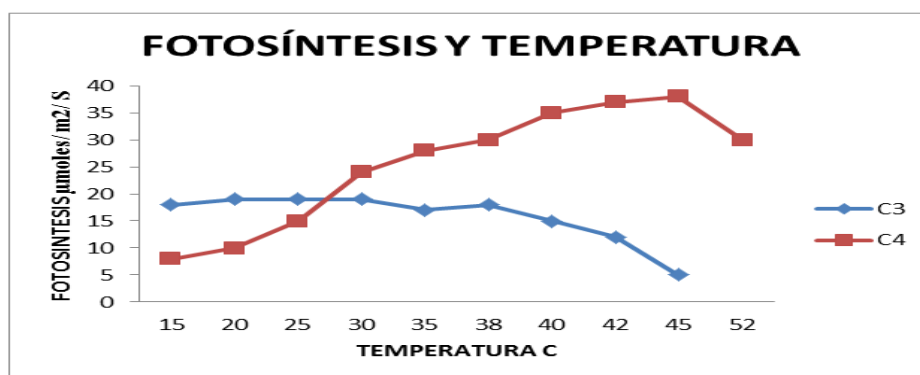
Al **elevarse la temperatura ambiente se incrementan** los procesos enzimáticos asociados con la **biosíntesis de lignina** (Van Soest 2012). Por ello, las plantas tropicales que están expuestas a altas temperaturas nocturnas tienen menores niveles de azúcares solubles y de otros componentes digestibles, elevándose la acumulación de lignina en la pared celular, todo esto provoca una reducción en la calidad de las plantas (Van Soest 2012). Esto puede ser modificado por condiciones de crecimiento. Por ejemplo, cuando las plantas permanecen en estado vegetativo por efecto de bajas temperaturas ambientales o por alteración en su manejo (cortes o pastoreos más intensivos) durante su crecimiento tienen siempre **menor lignificación** que aquellas plantas en plena floración y semillazón bajo condiciones similares (Van Soest 2012).

Este manejo (corte o pastoreo más intensivo durante el período de crecimiento) es uno de los “conceptos rectores” que orienta a este Proyecto. A partir de ello se aspira lograr una mejora significativa en la calidad del forraje y con él, en la respuesta productiva (carne).

Baruch y Fisher (1991) informaron que en las gramíneas tropicales, la temperatura óptima para lograr la máxima fotosíntesis y crecimiento de las plantas se encuentra entre los 35 y 39 °C, y en las leguminosas tropicales entre los 30 y 35 °C con una alta sensibilidad a las bajas temperaturas (Figura 5).

Se Observan efectos negativos en el crecimiento cuando las temperaturas oscilan entre los 0 y 15 °C y en algunas especies a los 20 °C, siempre y cuando, la humedad no sea un factor limitante. Este fenómeno está dado por la baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas, producto de una disminución en los procesos de biosíntesis y por un déficit energético acarreado por una reducción en la tasa respiratoria.

Figura 5



Fuente: Hernández-Gil (2014)

Además, estos autores encontraron que cuando las frecuencias de temperaturas por debajo de los 15 °C se incrementan durante el período de crecimiento, los asimilatos formados se acumulan gradualmente en los cloroplastos y pueden afectar la tasa de asimilación y traslocación de metabolitos, hasta provocar daños físicos en el aparato fotosintético que limita el crecimiento de los pastizales (Del Pozo 2004 y Lazcano 2002).

Las temperaturas por encima del óptimo también reducen sustancialmente el crecimiento, debido a una disminución de la actividad fotosintética por inactivación enzimática y a un incremento de la demanda respiratoria (respiración y fotorrespiración). Por otra parte, bajo estas condiciones aumenta la tasa transpiratoria y se crea un balance hídrico negativo que reduce la expansión celular y, por consiguiente, el crecimiento (Del Pozo 2002).

Uno de los mecanismos estructurales utilizados por los pastos para reducir los efectos de estrés por altas temperaturas, es el aumento del contenido de la pared celular, fundamentalmente en lignina, la cual provoca una fuerte caída de la digestibilidad de la materia orgánica y con ella, de la calidad nutricional de la planta (Del Pozo 2002).

Herrera (1984) relacionó un grupo de elementos climáticos con los rendimientos del *C. dactylon* Coast cross-1, *P. maximum* y *C. ciliaris* en el período de diciembre a marzo (invierno para el hemisferio norte) y encontró que las temperaturas máximas y mínimas fueron los únicos elementos que se relacionaron significativamente con el rendimiento de estas especies. Además, señaló que el número de días con temperaturas mínimas por debajo de 20 °C también se relacionó de forma significativa con este indicador.

La sombra del árbol reduce la temperatura foliar en los pastos ubicados debajo de esta, lo que ocasionaría una menor transpiración, aumentando la eficiencia de uso de agua de las gramíneas (Formosa 2014).

I.2.2.- Radiación Solar¹

El **proceso fotosintético** se realiza entre las longitudes de onda que van de los 400 a los 700 nm (nano metro), rango que abarca los colores violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Se conoce por **rango fotobiológico** aquel que varía entre los 280 nm a los 1000 nm. Dentro de este rango se encuentran las **radiaciones Ultravioletas** (280 y 320 nm) (Carrasco Ríos 2009).

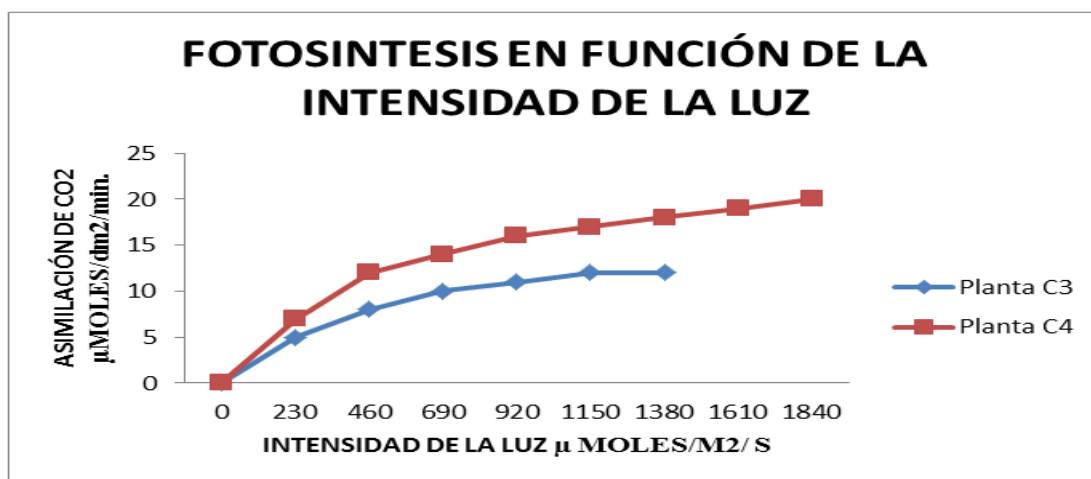
La fuente primaria de energía para la fotosíntesis y la bioproductividad es la energía solar. Las plantas interceptan esta energía para la fotosíntesis, pero normalmente se emplea menos del 5% en este proceso (Connor 1983).

Las plantas C_3 sometidas a altas intensidades de radiación alcanzan el estado de saturación lumínica en sus hojas a valores cercanos a 700 $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{seg}$ (± 35.000 Lux) bajo condiciones controladas. Mientras que las plantas C_4 , por las razones bioquímicas y anatómicas antes explicadas, fotosintetizan más por unidad de radiación absorbida y alcanzan la saturación lumínica a niveles superiores (1500 $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{seg}$ ó 75.000 lux), con eficiencias de hasta un 6% (Carrasco Ríos 2009).

1) Los micromoles por metro cuadrado por segundo ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) están basados en el número de fotones de una cierta longitud de onda incidente por unidad de área y por unidad de tiempo. Se usa comúnmente para describir PAR (Radiaciones activas fotosintéticamente) en el rango de 400 a 700 nanómetros de longitud de onda. Thimijan, Richard y Heins. 1982. Photometric, Radiometric, and Quantum Light Units of Measure: A Review of Procedures for Interconversion. HortScience 18:818-822

Sin embargo, en condiciones normales de explotación las hojas superiores de las plantas C_4 reducen los niveles de radiación al resto del follaje y sólo una parte de ellas alcanza su potencial fotosintético, lo que hace que bajo estas condiciones se logre la saturación lumínica a intensidades superiores (Del Pozo 2002). Por ello, las plantas C_4 se saturan lumínicamente a altas intensidades luminosas, mientras que las C_3 se saturan entre 20 y 30% de la luz solar (Figura 6).

Figura 6



Fuente: Hernández Gil (2014)

Buxton y Fales (1994) encontraron que en las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra cambia la composición química de los forrajes y, en especial, sus componentes celulares, aunque las respuestas son variables según la especie. Por su parte, Hernández (2000) encontró que la reducción en la intensidad luminosa por el sombreado, mejora la digestibilidad de la materia seca debido a una disminución en el contenido de pared celular. Bajo altas intensidades luminosas y altas temperaturas, el maíz (C_4) y la avena (C_3) tienen una tasa transpiratoria comparable, pero la tasa fotosintética en maíz es dos veces mayor que en avena (Hernández Gil 2014).

Respecto a los requerimientos de Fotoperiodo, el *Panicum maximum* son plantas de días cortos, es decir, las plantas empiezan a florecer cuando la duración del día es inferior a las 11.8 h (fotoperiodo crítico) (Araujo 2011).

I.2.2.1.- Efectos del sombreado sobre la producción y calidad del forraje

En la Tabla 4 se observa la variación de la materia seca, proteína bruta y carbohidratos solubles con diferentes intensidades de luz y de temperatura con *Lolium perenne* (Ray grass), -planta C₃- (Denium 1966).

Tabla 4. Algunos parámetros químicos del *Lolium perenne* con diferentes intensidades de luminosidad y temperaturas

	Materia seca (%)	Proteína Bruta (%)	Carbohidratos solubles (%)
	Temperatura 20-25°C		
Luz alta intensidad	27.8	8.2	21.2
Luz normal	22.1	10.4	18.8
Baja intensidad	15.2	18.3	8.2
	Temperatura 15-20°C		
Luz alta intensidad	23.9	8.8	26.7
Luz normal	19.7	11.9	21.2
Baja intensidad	12.7	20.1	7.9
	Temperatura 10-15°C		
Luz alta intensidad	23.4	11.4	33.2
Luz normal	19.6	13.2	28.4
Baja intensidad	12.6	22.7	9.4

A medida que aumenta la intensidad de luz se incrementan los niveles de los carbohidratos solubles (CNES) y disminución de la proteína bruta (PB). Con intensidades de luz crecientes, y esto dentro de ciertos límites, la tasa fotosintética aumenta y con ello los carbohidratos solubles (Pentón y Blanco 1997). Esto ocurre, especialmente, en las plantas C₃. En tanto, con la PB ocurre un fenómeno inverso, y está vinculado con las radiaciones ultravioleta-B (UV-B). Los rayos UV-B inducen la pérdida de polipéptidos y afecta, además, a las enzimas del ciclo de Calvin, alternando la funcionalidad y estructura de aquellas proteínas que tienen aminoácidos como la tirosina, fenilalanina y triptófano (Pentón y Blanco 1997 y Pezo y Ibrahim 1999). Mientras que en la Tabla 5 se observa que los mayores rendimientos se obtuvieron a niveles bajos de sombra o a plena exposición solar oscilando alrededor de 14.200 kgMS/ha, con diferencias significativas ($P < 0,05$) con los rendimientos observados niveles medianos y altos de sombra los cuales estuvieron por debajo de 10.100 kg/ha.

Esto puede atribuirse, principalmente a la menor cantidad de radiación incidente sobre la gramínea, lo que repercute en una menor actividad fotosintética. En general, las pasturas como el pasto guinea con ciclo fotosintético tipo C4, alcanzan su máxima producción con altos niveles de intensidad lumínica (Obispo et al 2008).

Tabla 5: Efectos del nivel de sombra sobre la producción de biomasa, contenidos de proteína, fibra detergente neutra y ácida, y digestibilidad *in vitro* de la guinea (*Panicum maximum*)

Nivel de sombra	Biomasa (kg. MS/ha)	Proteína Bruta (%)	Digestibilidad de la MS (%)	Fibra detergente neutro (%)	Fibra detergente ácido (%)
Alto	8.859c	13,2	62,6a	71,7d	35,4c
Mediano	10.065b	13,3	65,9a	69,9c	32,9bc
Bajo	14.046a	13,6	59,4b	73,2b	33,9bc
Sin sombra	14.319a	12,1	59,4b	76,6a	42,6a

Valores en la misma columna con distintas letras indican diferencias significativas ($P < 0,05$) (Obispo et al 2008)

La influencia de los árboles sobre la producción de las pasturas, considerando únicamente la intersección de la radiación solar, resultó en una reducción en la producción de biomasa, en comparación con los potreros abiertos. Sin embargo, cuando se considera el sistema silvopastoril en forma integral se espera una biomasa superior.

En cuanto a los niveles de proteína bruta (PB) no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de sombra estudiados, aunque se observó una tendencia numérica hacia mayor contenido PB con el incremento en el nivel de sombreado. Los constituyentes de la pared celular (FDN y FDA) incrementaron significativamente al disminuir los niveles de sombra. Estos valores oscilaron entre 69,9 a 76,6 y 33,9 a 42,6 para FDN y FDA, respectivamente. Estas condiciones de ligera mejora en el contenido de PB y disminución de la FDA se reflejan en mejores condiciones para una mejora en la digestibilidad ruminal (Obispo et al 2008).

El beneficio del sombreado sobre la calidad de la pastura se destaca por una disminución en el contenido de los polisacáridos de la pared celular y esa ligera mejora en los contenidos de PB, con manifiesto incremento de la degradabilidad de los mismos.

Esta respuesta es coincidente con lo reportado por Paciullo *et al.* (2007), quienes encontraron incrementos en la digestibilidad de las plantas con los mayores niveles de sombreadamiento, asociados a disminución en los contenidos de las paredes celulares en las plantas evaluadas, particularmente los compuestos polifenólicos (Obispo *et al* 2008).

I.2.3.- Precipitaciones

Las plantas C_4 requieren menos unidades de agua para producir una unidad de materia seca, que las plantas C_3 . En un estudio comparativo sobre crecimiento se encontró que las plantas C_3 requerían un promedio de 610 gramos de H_2O para la producción de un gramo de materia seca; mientras que las plantas C_4 requerían aproximadamente 300 gramos para producir un gramo de materia seca. Esto es menos del 50 % (Hernández-Gil 2014).

Tanto el exceso como el déficit de precipitaciones pueden provocar estrés en los diferentes cultivos. El exceso de agua provoca anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua. Si este se prolonga en especies no tolerantes, disminuye la asimilación y traslocación del carbono, produciéndose cambios metabólicos que activan la respiración anaeróbica, lo cual implica una menor eficiencia energética y bioproductividad en las plantas (Baruch 1994). Mientras que, el **estrés hídrico por déficit de agua** disminuye la concentración de la pared celular en las hojas y tallos de los forrajes, aunque de forma variable en sus componentes estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina), atribuible esto último a la necesidad de la planta de mantener altos valores de carbohidratos en formas solubles durante los ajustes osmóticos (Del Pozo 2002).

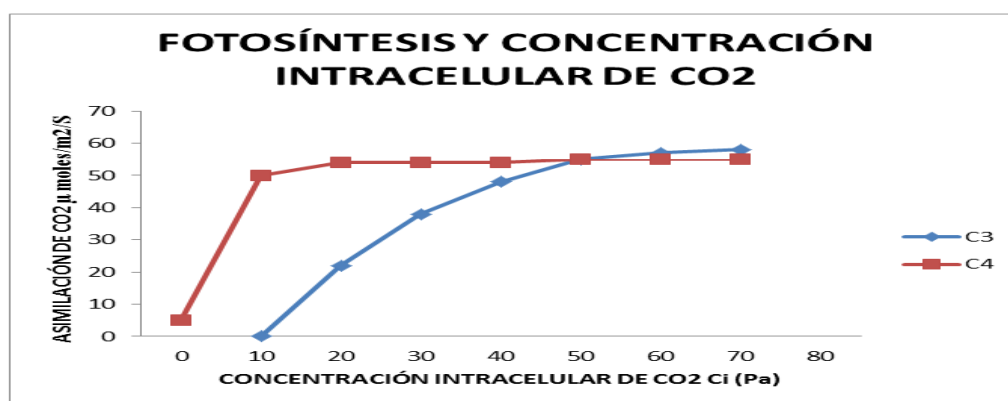
Todos estos factores ambientales impactan de una forma diferencial en los procesos bioquímicos y metabólicos de las plantas, afectando la producción y, en especial, en la calidad nutricional de las mismas. De ahí, que del conocimiento de estos procesos y su impacto sobre los niveles de los compuestos nutricionales de los forrajes frescos dependerá su incidencia sobre la producción de carne o leche.

I.2.4.- Concentración de CO₂

Las plantas C₄ continúan fotosintetizando inclusive cuando la concentración de CO₂, presente en el interior de la hoja, esté a muy bajas concentraciones (Hernández-Gil 2014).

Como se mencionara en párrafos anteriores, cuando los estomas se encuentran parcialmente cerrados, la concentración de CO₂ en la hoja se reduce proporcionalmente. Cuando la concentración de CO₂ cae por debajo de 20 Pa (Pascal) la planta C₄ sobrepasa a la planta C₃. Por el otro lado si la concentración de CO₂ se mantiene alta, digamos por encima de 50 Pa, la planta C₃ y C₄ son igualmente eficientes (Figura 7) (Hernández-Gil 2014).

Figura 7



Fuente: Hernández Gil (2014)

I.3. 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.3.1 Carbohidratos

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

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

I.3.1.1 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 6 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 6: Coeficientes de correlación entre los componentes de la pared celular del forraje, el consumo y la digestibilidad. (a partir de 187 forrajes analizados).

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

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 hemicelulosa, 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 hemicelulosa y polisacáridos no celulósicos) y la pared secundaria (se destaca la fase fibrilar ~celulosa 60 %~ y la matriz amorfa está formada por hemicelulosa y lignina ~30 %~) (Valenciaga y Chongo 2004 y Hidalgo 2010).

En las tablas 7 y 8 se describen 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) y las características (función y digestibilidad) de cada uno de los tejidos (Buxton y Redfearn 1997).

Tabla 7: 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)	68 – 80%	12 - 30	8- 18%	> 70%	< 5%
Idem	Estado de plena floración hasta madurez (fase II)	< 68%	< 12	<7 %	40 – 68%	6– 12%
Plantas de Carbono 4 (climas subtropical y tropical)	Estado de pasto hasta pre floración (fase I)	65 - 75%	9 – 20	6 – 12%	60 – 70%	5 – 8%
Idem	Estado de plena floración hasta madurez (fase II)	< 65%	< 9	< 5%	< 60%	9- 14%

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

Tabla 8: Tejidos vegetales y su digestibilidad

Tejido	Función	Digestibilidad	Comentarios
Mesófilo	Contiene los cloroplastos	Alta	Pared delgada, sin lignina. Vagamente dispuesto en leguminosas y pastos C-3.
Parénquima	Metabólica	Moderada a alta	En la venas de las hojas en pastos y leguminosas; en la envoltura de la hoja y tallos de los pastos y en el pecíolo y tallo de las leguminosas. Altamente digerible cuando inmadura.
Colénquima	Estructural	Moderada a alta	En hojas y tallos de leguminosas. Pared gruesa, no lignificada.
Parénquima en empalizada	Contiene los cloroplastos	Moderada a alta	Rodea al tejido vascular en las láminas foliares de pastos C-4. Paredes moderadamente gruesas y débilmente lignificadas.
Fibra del floema	Estructural	Moderada	En los pecíolos y tallos de las leguminosas. A menudo no se lignifica
Epidermis	Cobertura	De baja a alta	Pared exterior engrosada, lignificada y cubierta con cutícula y capa cerosa.
Tejido vascular	Vascular	De ninguna a moderada	Comprende al floema y al xilema. El mayor contribuyente a la fracción indigerible.
Esclerénquima	Estructural	De ninguna a baja	Hasta 1200 mm de largo y 5 – 20 mm de diámetro, gruesa, lignificada.

Fuente: Buxton y Redfearn (1997)

I.3.1.2 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* (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 (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.

I.3.1.2.1 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^{ta} a 7^{ma} hoja verdadera, según especie, que corresponde a la etapa Z 1.5 a Z 2.3 (primer nudo) (figura 8) (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) (figuras 8 y 9) (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 (C₃), 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 C₃ el rango varía de 50-150 a 200-300 g de CNES/kg MS en las plantas jóvenes y maduras, respectivamente. Mientras que las C₄ alcanza valores muy inferiores, aún con plantas en estado de encañazón (40-170 g de CNES/kg MS (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

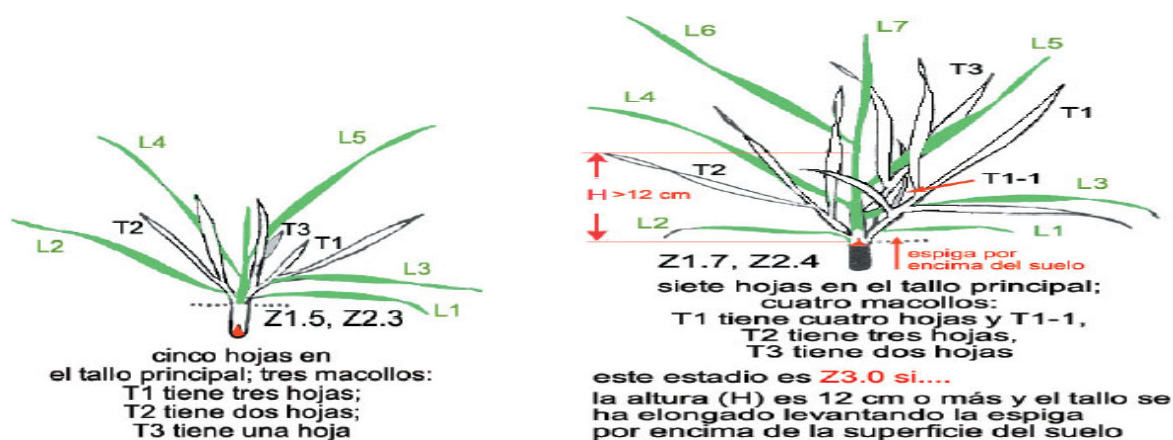


Figura 8: Fases de la encañazón (escala Zadoks Z 1.5 al 2.4) (FAO 2010)

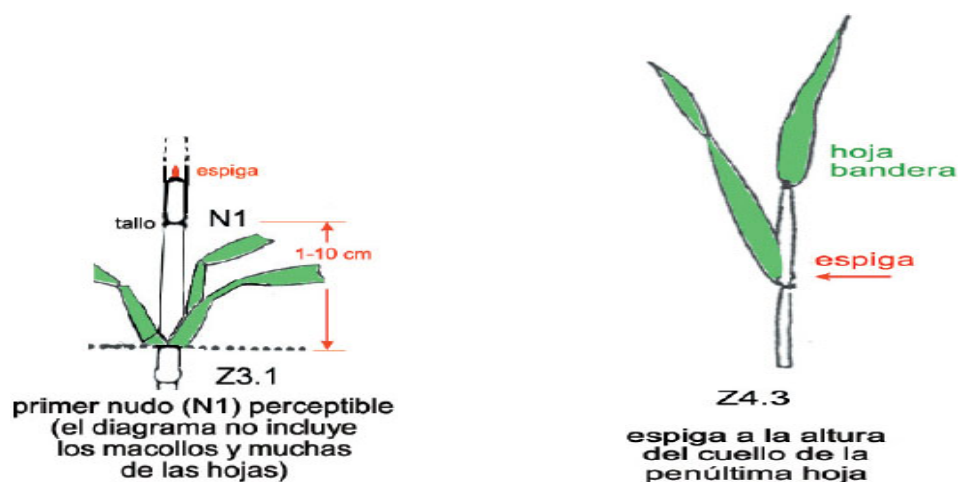


Figura 9: Fases de la espigazón (escala Zadoks Z 3.1 a 4.3) (FAO 2010)

I.3.1.2.1.1 Carbohidratos solubles en Forrajes tropicales

Entre los forrajes tropicales donde se encontraron 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). En tanto, Juárez *et al* (1999) trabajando con *Digitaria decumbens* y en *Andropogon gayanus* en la costa del Golfo de México encontraron que el contenido de CNES puede alcanzar valores superiores a 15.4%.

A pesar de varios trabajos realizados sobre el tema, aún falta mayor información sobre el comportamiento de los CNES de forrajes tropicales del género *Panicum* (*maximum* y *coloratum*) y su efecto sobre la respuesta en producción de carne solos o con bajas proporciones de un concentrado proteico.

I.3.2 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) 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.3.3 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 hemicelulosa (Van Soest 2014). 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 (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, Jung y Allen 1995 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).

En las primeras etapas del desarrollo celular, la pared celular recibe el nombre de pared primaria y es capaz de alargarse porque los polímeros de la pared no están ligados entre sí (Iiyama *et al.*, 1993). La pared primaria consiste de varios polisacáridos, incluyendo celulosa, β -glucanos de enlaces mixtos, heteroglucanos, glucuronarabinosilanos y heterosilanos (Moore y Hatfield, 1994).

Cuando la célula vegetal deja de crecer e inicia el proceso de maduración, también se inicia la deposición de pared secundaria y el proceso de lignificación. En las gramíneas, las células secundarias lignificadas pueden ser digeridas si los microorganismos tienen acceso a ellas. En contraste, en las mismas gramíneas, las células lignificadas de la laminilla media y las primarias no son digeribles. A su vez, todas las células lignificadas de las leguminosas son indigeribles (Wilson y Mertens, 1995), probablemente porque el grado de lignificación es más alto en leguminosas que en gramíneas.

1.4 Comportamiento del *Panicum maximum* y *coloratum* a condiciones de monocultivo y bajo sombra (*Leucaena leucocephala*)

El *Panicum maximum* Jacq cv Guinea likoni y el *Panicum coloratum* cv Coloratum, este último denominado comúnmente Mijo perenne, son gramíneas largamente perennes, pertenecientes a la tribu de las Paniceas, nativas del continente africano. El primero crece en climas cálidos (tropicales y subtropicales) y el segundo desde zonas templadas a tropicales.

Tanto el *P. maximum* como el *P. coloratum* pueden alcanzar una altura de 1.00 a 1.50 m, con hojas densas de color verde a verde azulado y un ancho hasta 1,5 cm (*P. coloratum*) a 2.5 cm (*P. maximum*) con un largo de aproximadamente de 30 a 35 cm. Todas estas características fenotípicas se incrementan con suelos muy fértiles y húmedos. Presenta panojas muy abiertas con una longitud de 6 a 25 cm, con espiguillas de color verde y púrpura con una longitud de 2.5 a 3 mm. Presenta además glumas pequeñas y redondeadas. Las semillas son de color marrón cuando maduran, de aproximadamente unos 2 mm. La forma de diseminación más común es por semillas pero también puede ser por rizomas cortos. Presenta la capacidad de emitir raíces cuando los nudos entran en contacto con el suelo (Padilla, 1974 y Petruzzil et al., 2008).

El *P. coloratum* o Mijo perenne en Argentina, durante los meses de otoño (marzo-junio) la producción de forraje es muy baja, deteniéndose su crecimiento cuando se inician las heladas (abril a mayo), permaneciendo en latencia (cultivo seco) hasta mediados de la primavera (octubre) que comienza a rebrotar. Soporta heladas de hasta -18°C, en esta de reposo. En pasturas ya establecidas, la semillazón ocurre hacia fines de diciembre. Las principales características de esta forrajera son su resistencia a sequía y a heladas, este último aspecto particularmente marcado en el cultivar “Verde”.

En tanto el *P. maximum* cv Guinea likoni, su crecimiento está asociado a los meses lluviosos, dependiendo del país varía la época. En el caso de Cuba, las precipitaciones caen entre mayo a noviembre, es decir, el mayor crecimiento ocurre en esa época del año, permaneciendo durante la época seca con un forraje semi-seco (amarillo). Como las hojas crecen por la base, si se cortan a la mitad pueden seguir creciendo sin interrupción a razón de 2 cm/día (invierno) a 4 cm/día (verano) (Padilla 1974).

El *P. maximum* cv Guinea likoni es una especie forrajera tiene una excelente capacidad de adaptación a la sombra (Pentón 2000) y puede producir adecuados niveles de producción de MS con bajos insumos –sin fertilización ni riego complementario- (Machado y Yuseika 2004).

Estudios del efecto de la luz solar sobre las características morfo-estructurales del *P. maximum* han demostrado que la bajas intensidad de luz sobre este pasto, ocasiona cambios en el esclerénquima y el contenido celular con mejoras en la calidad y producción de biomasa (Tabla 9) (Seguí et al. 1998).

Tabla 9. Valor nutritivo de pastos en sistemas a cielo abierto o asociados con árboles en sistemas ganaderos silvopastoriles.

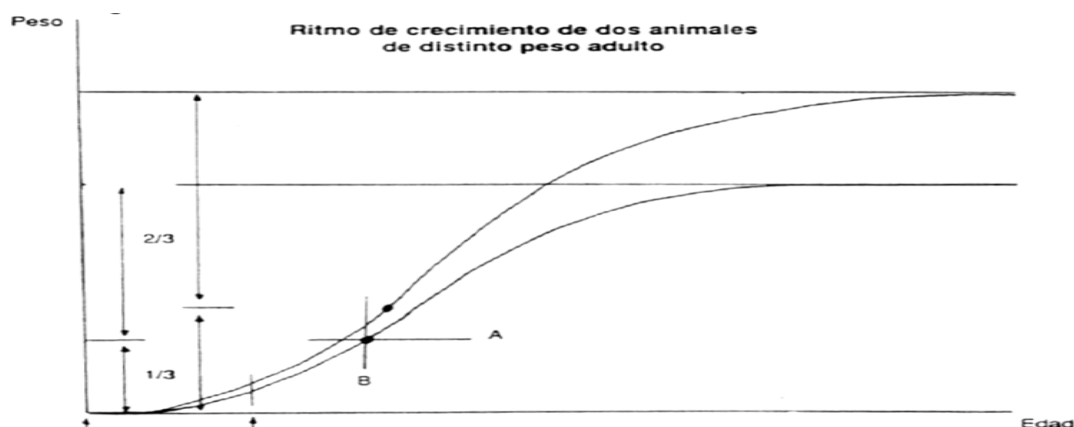
Tratamiento	PB	FDN	FDA	Lignina	DIVMS
Guinea a cielo abierto	8.11	68.6	42.5	11.7	53.1
Guinea asociada con Algarrobito	9.83	64.9	39.2	10.5	63.1
Guinea a cielo abierto	5.03	-----	41.6	-----	42.2
Guinea asociado con Eucalipto	6.48	-----	40.7	-----	39.4
Guinea asociado con Roble	6.04	-----	39.3	-----	43.7

Adaptado de CORPOICA, 2001b; b = (Barahona-Rosales y Sánchez Pinzón, 2005)

I.5 Respuesta productiva

La respuesta productiva (ganancia de peso) de bovinos para carne depende de varios factores que influyen en la tasa de crecimiento. Este comportamiento fisiológico es clave a la hora de definir estrategias de manejo y diferentes tipos de dietas (recrea -preceba- o engorde -ceba-). Si bien la curva de crecimiento es diferente entre un animal de biotipo chico o grande (*frame*) y también, se diferencia entre el macho o la hembra, en líneas generales siguen un mismo patrón (Figuras 10 y 11) (Fernández Mayer et al. 1998 y Bavera 2005).

Figura 10.- Desarrollo y crecimiento de animales de biotipo grande y chico (Bavera 2005)



Una forma objetiva de calificar, tanto al macho como a la hembra, es a través del *frame*. Se entiende por *frame* a una escala numérica (expresada en centímetros), que va de 1 (el más chico) a 9 (el más grande). El *frame* es una forma objetiva de predecir el tamaño animal, y se mide con una regla a la altura de la grupa. Entre los factores que más influyen sobre el *frame* se destacan el sexo, biotipo o tamaño adulto y su edad. Para ello, se han establecido tablas según biotipo, sexo, peso y edad elaboradas por Beef Improvement Federation (2005).

La curva de crecimiento representa el peso vivo a medida que avanza la edad. En la curva “sigmoidea” se diferencia claramente dos tramos: el primero se caracteriza por un crecimiento acelerado (exponencial), que varía según biotipo y sexo, pero en líneas generales va desde el destete a 350-400 kg de PV. En esta etapa, a medida que aumenta la edad la ganancia diaria de peso es mayor. Esto ocurre, siempre y cuando, la calidad y cantidad de la dieta sea adecuada a lo largo del ciclo productivo. En la Figura 11 se describen las curvas que realizan Vaquillonas Angus (raza británica) de Frame 3 y 4. En la segunda parte de la curva el crecimiento se desacelera (punto de inflexión), que va desde el peso anterior (350-400 kg PV) hasta estar el animal terminado (engrasado) de acuerdo a las demandas del mercado comprador. En esta segunda etapa, a mayor edad menor ganancia diaria hasta que llega a ser nula cuando el animal alcanza el peso adulto, aún con dietas apropiadas (calidad y cantidad) (Bavera 2005 y Fernández Mayer 2006).

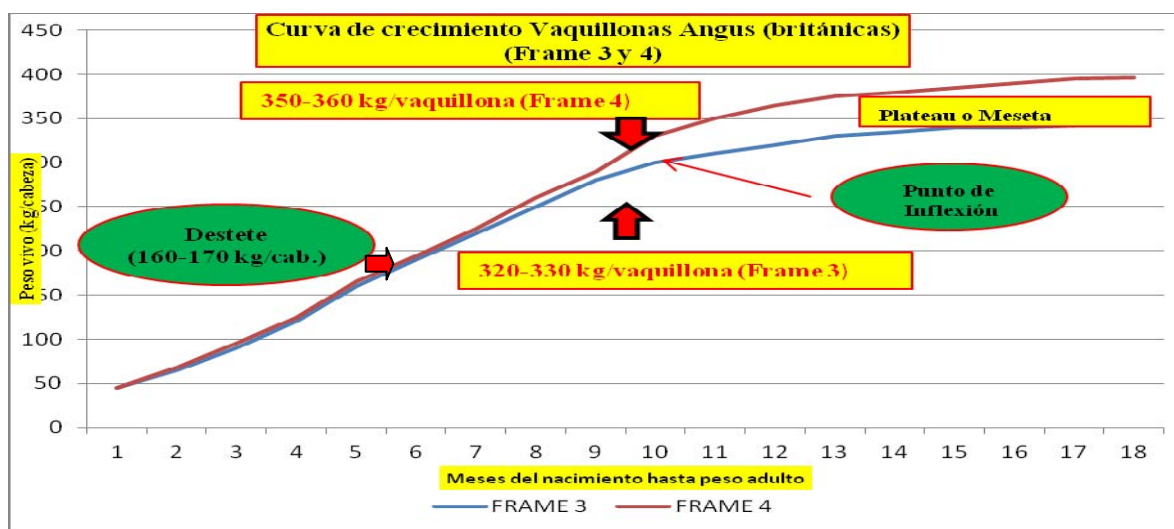


Figura 11: Curva de crecimiento de una vaquillona y vaca de raza Angus (origen británica)

Entre los factores que más influyen en la tasa o curva de crecimiento, y por ende, en el comportamiento fisiológico de los animales se destacan:

I.5.1 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.5.2 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 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 2004). 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.5.3 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).

I.5.4 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.5.5 Efecto de sustitución

Cuando se suplementa con un concentrado (energético o proteico) a animales en pastoreo se produce un proceso de sustitución. La sustitución de pasto por concentrado 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).

En la Tabla 10 elaborada con información de varios autores, se sintetizan los requerimientos en PB, EM, la relación PB/EM, la Unidad Productiva (producto de los requerimientos diarios de PB x EM) y la disponibilidad que, según categorías, cubren las demandas energéticas-proteicas para obtener un excelente comportamiento animal.

Tabla 10: Requerimiento para alcanzar una alta respuesta en ganancia diaria de peso según categoría

Categoría de animales	Proteína Bruta (mínima) (% de la dieta)	Energía Metabolizable (mínima) (Mcal EM/kg MS)	Relación PB/EM (mínima) (g PB/Mcal EM)	Consumo EM-PB (Mcal EM x kg PB)/día	Disponibilidad de forraje (kg MS cada 100 kg PV/día)
Destete precoz (70-90 kg/ternero)	18-20	2,9-3.0	70-74	3-5	Igual o superior a 3.50
Destete anticipado (100-150 kg/tern.)	16-18	2,7-2,8	58-60	6-8	Idem
Destete tradicional (160-200 kg/tern.)	15-16	2.6-2.7	57-58	12-17	Idem
Recría o Pre-ceba (200-250 kg/tern.)	14-15	2,5-2,6	55-57	19-24	Idem
Engorde o Ceba (vaquillona) (250-350 kg/cab.)	13-14	2,5-2,6	48-52	25-29	Idem
Engorde o Ceba (novillo) (250-380 kg/cab.)	12-13	2,5-2,6	44-46	25-35	Idem
Engorde o Ceba (novillo) (380-450 kg/cab.)	11-12	2,5-2,6	44-46	43-45	Idem
Engorde o Ceba (vaca) (350-450 kg/cab.)	10-11	2,5-2,6	40-44	30-50	Idem
Engorde o Ceba (novillo/vaca) (mayor de 450 kg/cab.)	10-11	2,5-2,6	40-44	48-60	Idem

Fernández Mayer y Tomaso 2003 y NRC 2012

I.6 Análisis económico

Los **Márgenes Brutos** consideran, exclusivamente, los costos directos permitiendo evaluar una tecnología determinada sin que se vea afectada por la infraestructura (costos indirectos) de cada finca (número y estado de las maquinarias agrícolas, número de personal, retiros empresariales, etc.), que son propios de cada empresario ganadero y de circunstancias que son independientes de la tecnología en estudio (Delgado 2006, Fernández Mayer y Delgado 2009, Oliverio 2010 y Martínez Ferrario 2010).

Los **Costos de Producción** (CP) 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⁻¹ (Delgado 2006). Para elaborar los CP se consideraron los valores medios (últimos 10 años) del mercado Argentino que fueron usados como referencia para ambos países.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para una mejor evaluación y discusión de los trabajos instalados en el marco del Proyecto se ha dividido en 2 grandes áreas temáticas:

- a) los 4 trabajos experimentales que han evaluado los “cortes del forraje” para medir calidad nutricional y producción de forraje (kg MS/ha), correspondientes a los 2 realizados en Argentina uno dentro de un invernadero y el otro en monocultivo y aquellos 2 instalados en Cuba, uno en monocultivo (ICA) y otro bajo *Leucaena leucocephala* (Indio Hatuey). Estos 3 últimos estuvieron expuestos a las condiciones ambientales imperantes en cada sitio.
- b) Los 2 trabajos experimentales realizados con animales (Argentina y Cuba), donde se midió la producción de carne, los consumos de MS y calidad de los forrajes y concentrados a lo largo de ambos ensayos.

II MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES

II.1 Características generales de los sitios Experimentales en Argentina

En Argentina se instalaron 3 experimentos en la provincia de Buenos Aires, dos en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Bordenave, en la campaña 2013/14, ubicada a 37° 50'55'' latitud sur y 63°01'20'' longitud oeste a 212 m. sobre el nivel del mar. y el tercero en un establecimiento agropecuario ubicado en Tornquist, durante el período 2014/15, ubicado a 38° 22' Latitud sur y 62 ° 39' Longitud oeste a 350 m. sobre el nivel del mar.

En el primer experimento se evaluaron diferentes parámetros nutricionales y productivos del *Panicum coloratum* cv. coloratum, del *P. maximum* cv. Gatton panic y del *P. maximum* cv. Guinea likoni en un ambiente controlado (invernadero). Mientras que en el segundo, se hizo lo propio con el *Panicum coloratum* cv. coloratum en una parcela experimental dentro del INTA y en el tercero se evaluó el comportamiento productivo y económico de vaquillonas (novillas) de la raza Angus en pastoreo directo de *P. coloratum* bajo 4 tratamientos diferentes.

II.1.1 Suelos, clima y meteorología la Estación Experimental de INTA Bordenave y de Tornquist

Los suelos zonales en Argentina correspondientes a los 2 sitios donde se instalaron los experimentos en Bordenave y Tornquist (Buenos Aires, Argentina), pertenecen al orden *Molisoles*. 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 *Haplustoles énticos someros* y *Argiudoles típicos*, respectivamente, con tosca calcárea a profundidad variable (40 cm hasta la superficie), lo que limita seriamente el desarrollo radicular de los vegetales. Los contenidos de fósforo extractable tienen como valores de referencia entre 8-10 mg kg⁻¹ (Bordenave y Tornquist). En la Figura 12 se presentan los mapas de la región donde se sitúan los trabajos experimentales en estudio.

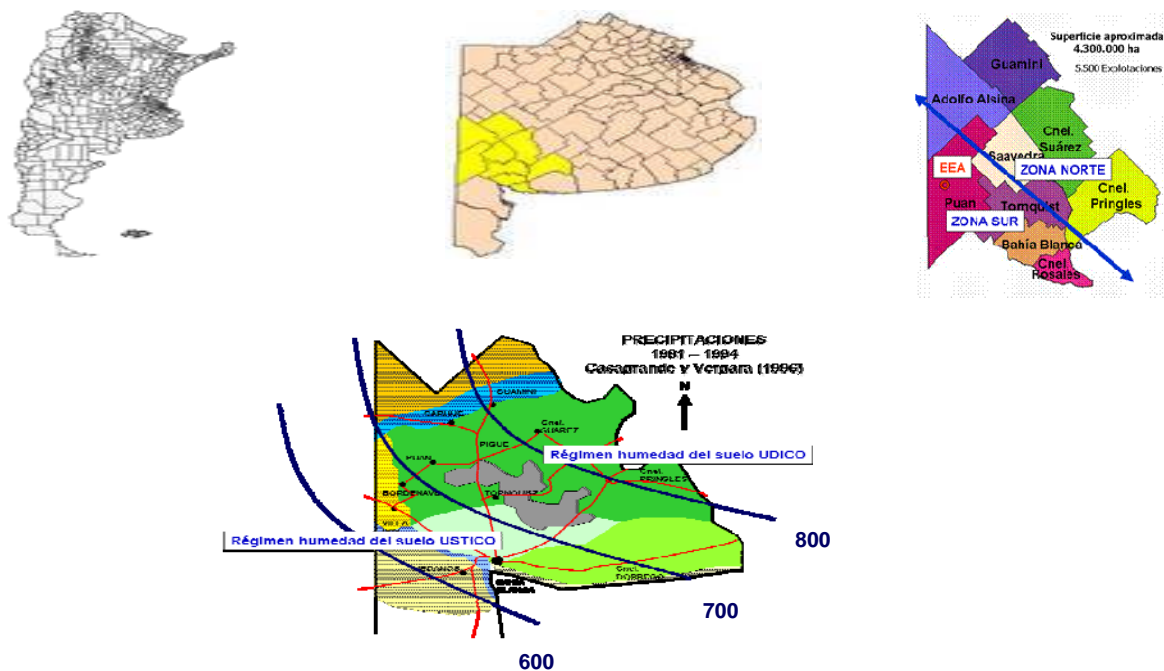


Figura 12: Sitios de los Trabajos Experimentales, Buenos Aires (Argentina)

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 CO₃Ca (Proyecto PNUD ARG 85/019- INTA. 1989).

En las Tablas 11 y 12 se presentan las características físico-químicas de los suelos de los sitios experimentales de la Argentina.

Tabla 11: Análisis del suelo en los ensayos de INTA Bordenave de campo e invernadero

Sitio Experimental	pH	Cond. Eléctrica (mmhos/cm)	Fósforo Disponible (ppm)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno Disponible (ppm)	Arcilla	Limo	Arena	Textura
Invernadero	6,96	3,24	57,6	3,35	2,8	37	40	23	Franco arcilloso
Campo	7,93	1,08	6,3	3,56	7,3	27	40	33	Franco arcilloso

Tabla 12: Análisis del suelo utilizado en el ensayo de Tornquist (Argentina)

pH	Fósforo Disp. (ppm)	Materia Org. (%)
6,76	6,5	2,38

Mientras que en la Tabla 13 se presenta la información meteorológica.

Tabla 13: Parámetros meteorológicos a nivel de “campo” en INTA Bordenave (Argentina)

Datos Meteorológicos	2013				2014								Media/total
	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J		
T. Máxima absoluta (°C)	29,5	29,5	36,8	40,0	41,0	35,0	32,5	23,5	23,0	17,5	20,0		29,8
T. Máxima media (°C)	16,3	22,2	27,1	33,5	32,8	28,8	25,3	19,5	15,8	14,0	12,9		22,6
T. Media (°C)	10,4	16,0	18,9	25,0	23,8	21,2	17,2	14,1	10,9	8,6	8,2		15,8
T. Mínima media (°C)	4,2	9,3	10,5	15,0	14,5	13,4	9,6	8,4	5,7	0,9	2,6		8,6
T. Mínima absoluta (°C)	-4,5	-2,0	4,5	4,5	2,5	6,4	-0,5	0,8	-1,8	-4,0	-3,0		0,3
Nº de heladas sobre el suelo	13	2	0	0	0	0	0	0	4	15	10		44
Precipitaciones (mm)	90,0	51,0	39,5	15,0	39,5	86,0	49,0	141,3	62,7	13,4	8,0		595,4
Fotoperiodo	12,8	14,0	15,2	15,8	14,8	13,0	11,2	10,8	9,8	7,0	7,2		11,9

Tabla 14: Precipitaciones a nivel de “campo” en Tornquist (Argentina)

Datos Meteorológicos	2014		2015			
	N	D	E	F	M	Total ensayo
Precipitaciones (mm)	132	50	105	85	257	629

II.2 Características generales de los sitios Experimentales en Cuba

En Cuba se instalaron otros 3 experimentos. En todos los casos se utilizó al *P. maximum* vc Guinea likoni. Dos ensayos se instalaron en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), uno bajo corte del Guinea como monocultivo y en el otro se evaluó el comportamiento productivo y económico con vaquillonas (novillas) de raza Siboney (carne). El tercero en la Estación Experimental de Pastos y Forraje de Indio Hatuey bajo *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham (media sombra). Estos experimentos se realizaron durante 2013/14.

El ICA, se encuentra ubicado en los 22°53' de latitud Norte y 82°02' de longitud Este, en la provincia Mayabeque, a una altura de 80 m sobre el nivel del mar a 60 km de la ciudad de La Habana. Mientras que la EE Pastos y Forrajes de Indio Hatuey se encuentra situada en la zona aledaña al central azucarero España Republicana, en el municipio Perico, provincia de Matanzas, en el punto geográfico determinado por los 22°48' de latitud norte y los 81°1' de longitud oeste, a 19,01 m sobre el nivel del mar.

II.2.1 Suelo, clima y meteorología de los sitios experimentales en Cuba

Las condiciones de las áreas experimentales, en el ICA e Indio Hatuey, se corresponden con un clima clasificado como de sabana tropical, característica de Cuba (Academia de Ciencias de Cuba 1989 e Instituto de Suelos 2012). En él predominan las condiciones tropicales marítimas, con marcada estacionalidad de las lluvias, el 80% se registran entre mayo a octubre, con precipitaciones promedio anual de ± 1.100 mm (1.000 a 1.300 mm) (Tabla 14). Mientras que durante los meses de noviembre hasta abril, otoño e invierno para el hemisferio norte, las masas de aire árticas y polares continentales hacen sentir su influencia provocando una fuerte reducción en las precipitaciones.

El suelo sobre el que se realizó el estudio experimental fue de topografía plana, catalogado como Ferralítico Rojo lixiviado (Hernández et al. 1999), el cual es característico del 15 % (aproximadamente) del área del país (Tablas 15, 16 y 17).

Tabla 15: Análisis del suelo utilizado en el ensayo de Indio Hatuey (Cuba)

Profundidad	MO (%)	pH	P ₂ O ₅ (mg/100g)	Cationes (cmol/kg)			
				Ca	Mg	K	Na
0-20 cm	3,53	6,31	10.0	18,55	2,70	0,18	0,67

Tabla 16: Parámetros meteorológicos de los sitios experimentales del ICA e Indio Hatuey (Cuba)

Meses		Temperatura media °C	Temp. máxima °C	Temp. mínima °C	Precipitaciones mm
Mayo 2014	ICA	23.8	28.4	22.3	165.5
	IH	25.4	31.8	20.4	329.8
	Diferencia ICA vs IH	-6.3 %	-10.7 %	+8.5 %	-50%
Junio 2014	ICA	28.1	31.2	22.4	216.2
	IH	26.0	32.6	21.9	185.2
	Diferencia ICA vs IH	+7.5 %	-5 %	+2.2 %	+14.3 %
Julio 2014	ICA	23.9	31.5	21.4	188.9
	IH	27.3	34.3	24.3	166.4
	Diferencia ICA vs IH	-12.5 %	-8.2 %	-12 %	+12 %
Agosto 2014	ICA	25.4	33.1	21.7	237.6
	IH	27.5	34.1	24.1	151.1
	Diferencia ICA vs IH	-7.6 %	-3 %	-10 %	+36.5 %
Septiembre 2014	ICA	25.1	33.7	21.5	150.8
	IH	26.7	33.6	23.6	267.2
	Diferencia ICA vs IH	-6 %	+0.1 %	-9 %	-43.6 %
Temperaturas (promedio) Precipitaciones (acumuladas)	ICA	25.3	31.6	21.9	959
	IH	26.6	33.3	22.9	1.099,7
	Diferencia ICA vs IH	-5 %	-5.1 %	-4.4 %	-12.8 %

Tabla 17: Parámetros del suelo del sitio experimental del ICA

Profundidad	MO (%)	pH	P ₂ O ₅ (mg/100g)	Cationes (cmol/kg)			
				Ca	Mg	K	Na
0-20 cm	3,8	6,05	12.0	18,0	2,65	0,19	0,61

II.2.2 Ensayo en la Estación Experimental de Pastos y Forraje de Indio Hatuey. Características y manejo del monte de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham

Las plantas están instaladas cada 18 m² (6 m entre hileras y 3 m entre plantas), y se comenzaron a explotar cuando alcanzaron una altura de 2 m en el año 1996, es decir, tienen más de 18 años de explotación.

En la época poco lluviosa se practica la poda escalonada de las plantas de *Leucaena*, en función de la disponibilidad de los pastos acompañantes; de esta manera, coincide generalmente con los meses de enero a abril, cuando los días de estancia se prolongan y la oferta de pastos se reduce considerablemente.

Se cortan con machete cuando la *Leucaena* sobrepasa los 2,5 m de altura, con el fin de que los animales que pastan en el cuartón (parcela) puedan consumir el follaje al cual no tienen acceso por sobrepasar la altura de ramoneo. Este tipo de poda escalonada se planifica según el número de árboles por cuartón y el número de rotaciones que se prevé para la seca, teniendo en cuenta, además, que los árboles que se cortan en un año, no se cortan en el otro, por lo que la poda individual de cada árbol se realiza cada dos años.

De esta forma, en cada día de permanencia de los animales en la parcela se corta un número determinado de árboles, lo que propicia que la mitad de los árboles sean podados en una época y que los animales siempre tengan acceso a follaje de ramoneo y poda, además de la sombra. Esta práctica se realiza a una altura de 1.50 m y propicia en cada rotación un vigoroso rebrote que los animales consumen con avidez. En la época lluviosa los árboles no se podan, los animales pastorean y ramonean el follaje al cual pueden acceder, acorde a la talla que estos tengan. Con respecto al *P. maximum* cv Guinea likoni sembró en 1996 a una distancia entre líneas de 50 cm.

II.3 Extracción, manejo de las muestras, análisis químico de forraje en los ensayos de corte y mediciones de los experimentos con animales (Cuba y Argentina)

II.3.1 Producción de forraje (muestreos)

La extracción de muestras para medir producción de forraje respondió a la metodología descrita por Trasmonte 2002 y Dulau 2007. Se arrojaron al azar 10 marcos de 1 m² de superficie. El forraje de cada marco se cortó con cuchillo a 10 cm de altura del suelo (kg MV m²). El pasto obtenido tal cual (fresco) se pesó en el mismo sitio experimental. Este dato representó la “producción de forraje” medido en kg MV ha/tratamiento/muestreo.

Para definir la altura de las plantas, se utilizó las normas definidas en los Protocolos de Redes de Forraje del INTA, en Argentina. Según estas normas, la altura de las plantas se toma con una regla o cinta métrica estirando las hojas superiores en forma vertical (perpendicular al suelo). Esta metodología de medición evita malas interpretaciones producto de la diferencia o hábitos de crecimiento ocasionada por la fertilidad del suelo, humedad, condiciones de manejo, etc.

Para determinar el porcentaje de materia seca, se tomó una muestra del forraje cortado en fresco (± 300 gramos de MV/tratamiento/repetición/muestreo) se pesó y luego se secó en estufa a 60°C hasta peso constante. De esta forma se determinó el porcentaje de MS de cada muestreo (fecha de corte).

La producción de forraje total (kg MS/ha), se calculó a partir del peso fresco de las diferentes repeticiones (Kg MV/marco/repetición/muestreo) y del porcentaje de MS que tuvo el forraje en ese momento. Se promediaron todos estos datos y se lo llevó a la producción de forraje de una hectárea (kg MS/ha).

II.3.2 Caracterización fenotípica

Para caracterizar fenotípicamente al *Panicum coloratum* y *P. maximum* a lo largo del período de crecimiento se registraron y definieron:

- Desarrollo de los macollos (número de macollo por planta).
- Tasa de crecimiento diaria (g MS/planta/día)
- Tasa de producción de MS diario (kg MS/ha/día)
- Evolución del ápice reproductivos (días de nacimiento) y altura (cm) del primer nudo perceptible respecto al nivel del suelo.
- Principio de emergencia de panojas (PEP) y 100% de emergencia de panojas (EP).
- Antesis y Madurez fisiológica de semillas, entre otros parámetros fenológicos (Zadoks *et al.* 1974 y FAO, 2010).

Además, se tomaron otros registros como altura promedio de las plantas, ancho, color y % de material muerto, incidencia de enfermedades, etc. También se sacaron fotografías digitales y vídeos de los diferentes experimentos.

II.3.3 Intensidad lumínica (luxómetro), de energía térmica o radiaciones (radiómetro) y temperatura superficial a distancia (termómetro infrarrojo)

A los fines de poder determinar la **intensidad lumínica** (en Cuba) y **energía térmica y temperatura superficial a distancia** (en Argentina) se emplearon un Luxómetro, Radiómetro y un Termómetro infrarrojo, respectivamente.

El **luxómetro** es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux. Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes. El luxómetro no debe ser sensible a la luz UV e infrarroja. El luxómetro es un tipo especial de radiómetro integral.

El **radiómetro** es un instrumento para detectar y medir la intensidad de energía térmica radiante o radiación térmica, en especial de rayos infrarrojos. La unidad de medida son micro moles de fotones incidentes por unidad de superficie horizontal y unidad de tiempo ($\mu\text{mol fotones/m}^2/\text{seg}$).

Mientras que el **termómetro de infrarrojos** permite medir la temperatura a distancia de la superficie de un objeto a partir de la emisión de luz del tipo cuerpo negro que produce. Este instrumento, a través de un sensor, mide la cantidad de radiación infrarroja emitida por los cuerpos, la cual depende de la temperatura y la emisividad de estos (proporción de radiación térmica emitida por una superficie). Por medio de una termocupla conectada al aparato, entrega en forma paralela la temperatura del aire, de esta forma, permite obtener en la misma lectura la temperatura de la canopia y del aire. En términos generales, el método comprende la medición de la energía de luz (que se encuentra en la banda infrarrojo) con un detector que lo convierte en una señal eléctrica. Este método permite medir la temperatura de forma remota.

La temperatura de la hoja depende del balance de energía, entre las energías absorbidas de la radiación solar y de las radiaciones emitidas por otros cuerpos y energías perdidas por enfriamiento (calor sensible y calor latente). El resultado de dicho balance es la energía almacenada por la hoja en forma de productos fotosintéticos y temperatura de la hoja. (Lissarrague et al. 2014)

II.3.4 Calidad de los alimentos (muestreo y técnicas de los análisis)

El muestreo se ajustó de acuerdo a las características de cada experimento. El corte del forraje en todos los **ensayos de corte** se realizó con cuchillo, tanto en las macetas como en los marcos arrojados al azar en las parcelas experimentales.

Mientras que en los **ensayos con animales** (Cuba y Argentina) se aplicó la técnica de corte manual (*hand-placking*) en cada tratamiento. El corte manual se realizó simulando el corte que hacen los animales (Gallego 2010). El intervalo entre corte fue cada ± 30 días, en el mismo día que se medió oferta y rechazo. Esta técnica consiste en cortar el forraje con la mano a la altura que consumen los animales y respetando el remanente dejado por los mismos. En cada parcela (tratamiento) y cada 4 semanas, se extrajeron 6 submuestras cortadas con la mano. Las 6 submuestras se dividió en 2 grupos o pools integrado por 3 submuestras compuestas/grupo/tratamiento.

A cada una de estas muestras compuestas (mínimo ± 200 gramos de MV/tratamiento/repeticón/muestreo) se las pesó en fresco (MV) y luego se la secó en estufa a 60°C hasta peso constante (MS). Luego fueron llevadas al laboratorio, en bolsas de nylon bien identificadas (fecha de muestreo, tratamiento y repeticón) para proceder a los diferentes análisis químicos.

II.3.4.1 Parámetros nutricionales evaluados

A continuación se describen los análisis químicos y técnicas de laboratorio que se deberán realizar:

- 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): Se determinó 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: amiloglucosidasa alfa. Método de la amilasa.
- FDN y FDA: Van Soest *et al* 1995 (con equipo ANKOM)
- LDA: lignina en detergente ácido, de Goering y Van Soest (1970).

II.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de todos los experimentos de esta tesis se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con diferentes números de repeticiones y de tratamientos de acuerdo a cada experimento. En todos los casos los animales utilizados para realizar los estudios estadísticos fueron seleccionados al azar.

Para determinar el grado de significancia de cada ensayo se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de DUNCAN 1955 ($\alpha=0.05$). Los datos fueron procesados utilizando el software estadísticos IBM-SPSS versión 22. Los parámetros químicos de los alimentos utilizados fueron analizados estadísticamente a través del SAS/STAT 2005 del procedimiento GLM.

II.5 Análisis económico

En los experimentos con animales (Cuba y Argentina) se realizaron los **Costos de Producción** (CP) como producto 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. Para elaborar los CP, unificó el criterio utilizando los valores medios (últimos 10 años) del mercado Argentino que fueron usados como referencia para ambos países.

CAPÍTULO III

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Para cumplir con los objetivos de esta Tesis se instalaron 6 experimentos, 3 en Argentina y 3 en Cuba. Además, para realizar un análisis más ordenado de la información (materiales y métodos, resultados y discusión) se dividieron a los ensayos en 2 grandes grupos:

- A. Ensayos de Evaluación por Corte de forraje en “invernadero” y “bajo cielo abierto”
- B. Ensayos con Animales

III. A ENSAYOS DE CORTE

1° Experimento en “Invernadero”

III.A.1 Evaluación de parámetros productivos y nutricionales (energéticos-proteicos) del *Panicum coloratum* cv. *coloratum* y *P. maximum* cv. Gatton panic y Guinea Likoni, con defoliaciones periódicas en las diferentes etapas de madurez. Estudio del comportamiento fenológico y algunos parámetros fisiológicos, de ambas especies, en invernadero (ambiente controlado)

Este trabajo se realizó buscando conocer el comportamiento “potencial”, tanto nutricional como productivo, de los 3 *Panicum* en estudio bajos condiciones de temperatura y humedad óptimas y controladas en invernadero, partiendo de semillas sembradas en macetas (primer año de vida).

El principio básico que condujo a este experimento fue que cuanto mayor sea la calidad del forraje consumido mayor será la producción de carne o leche producida. Este concepto elemental puede significar grandes cambios en el futuro de la producción de carne o leche en países tropicales.

Estas condiciones “óptimas” de humedad y temperaturas mantenidas en el invernadero habitualmente se repiten en el terreno, especialmente en los países tropicales durante la época de lluvias.

De ahí, la importancia de conocer la magnitud de los parámetros nutricionales evaluados y cómo evolucionan a lo largo en las diferentes fases fenológicas para saber cuál puede ser el impacto del manejo sobre dichos parámetros y la respuesta en producción de carne esperable.

III.A.1.1 Materiales y métodos específicos del ensayo

El trabajo experimental se realizó dentro de un invernadero de vidrio (4m x 10m) que hay en la Experimental del INTA en Bordenave (Argentina). En dicho invernadero se instalaron macetas del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni, *P. maximum* cv. Gatton panic y el *P. coloratum* cv. Coloratum.

La siembra de las 3 especies se realizó el 15 de agosto de 2013. Las plantas del *P. coloratum* y *P. maximum* cv Gatton panic, ambos de origen Argentino, fueron semillas de 3 años de cosechada que emergieron a los 30 días (15/09/2013). Mientras que el *P. maximum* cv Guinea likoni lo hizo a los 60 días de la siembra (15/10/2013). Este retraso en el nacimiento se debió a que las semillas era “nuevas” provenientes de la última cosecha 2012/13 de Cuba (Benítez et al. 2012).

Para asegurar un adecuado nacimiento se hizo la siembra al voleo (superficial) con una elevada proporción de semillas, que fueron tapadas con una película de suelo tamizado de ± 0.5 cm de altura. Posteriormente al nacimiento se hicieron diferentes “raleos o eliminación de plantas” hasta dejar 3 por maceta.

La extensión del experimento fue de 218 días (15/09/13 al 21/04/14) desde la emergencia hasta la madurez fisiológica. Aunque el último corte se realizó el 07/07/14 (295 días de la emergencia) para medir el forraje acumulado (producción y calidad). En ese momento se consideró por finalizado el ensayo.

Los tratamientos fueron las fechas de corte o defoliación con 4 repeticiones (macetas) por tratamiento y por cada especie (*Panicum coloratum* cv Coloratum y *P. maximum* cv Gatton panic y Guinea likoni). De ahí que hubo tantos tratamientos como momentos de corte o defoliaciones que se realizaron.

El Tratamiento 1 (T_1) estuvo representado por la fecha del primer corte (defoliación) cuando las plantas correspondientes a dicho tratamiento alcanzaron los ± 35 cm de altura. (estirando las hojas superiores perpendiculares al suelo). Los sucesivos cortes (tratamientos) se realizaron cada 15 días uno del otro, es decir, el T_2 fue a los 15 días del T_1 , el T_3 a los 30 días del T_1 y así sucesivamente hasta llegar a la **panoja con grano pastoso-duro** (*madurez fisiológica*).

En la Tabla 18 figuran las temperaturas alcanzadas dentro del invernadero. En cuanto a la provisión agua, se trató de que todas las macetas tuvieran un nivel de humedad equivalente a lo que se conoce como “capacidad de campo”, es decir, las condiciones de humedad siempre fueron las óptimas.

Tabla 18: distribución de las temperaturas dentro del invernadero (INTA Bordenave)

Mes	Ag. '13	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	En. '14	Feb.	Marz	Abril	Mayo	Junio	Media
Temp. media	11.7	13.4	19.0	24.9	28.6	31.7	27.1	20.8	16.4	12.8	9.0	19.6
Temp. mínima	2.9	7.2	12.3	16.5	21.3	22.5	18.4	14.3	12.4	9.8	3.9	12.9
Temp. máxima	20.0	20.3	25.2	32.1	35.5	40.9	35.8	27.3	10.5	15.8	14.0	25.2

El diseño experimental aplicado fue un diseño completamente aleatorizado (DCA). La unidad experimental fue la maceta. Debido a que hubo un crecimiento diferencial entre los *Panicum* evaluados, se observó un diferente número de tratamientos, registrándose 6, 8 y 9 tratamientos para el *P. coloratum* cv coloratum (Mijo perenne), *P. maximum* cv Guinea likoni y cv Gatton panic, respectivamente.

Se evaluó la **calidad y producción de forraje** en 2 momentos:

a) En cada tratamiento y b) En los rebrotes de cada tratamiento.

Luego del primer corte inicial, cuando el rebrote alcanzó nuevamente los ± 35 cm se volvió a cortar cada maceta hasta finalizar el ensayo (senectud de las plantas por heladas).

La **producción de forraje** se midió sobre 4 repeticiones (macetas) por tratamiento y por especie. Mientras que los análisis de **calidad del forraje** se hicieron sobre 2 muestras compuestas (2 repeticiones por muestra compuesta).

Los parámetros analizados fueron la MS, PB, PBS, CNES, digestibilidad de la MS, la energía metabolizable (EM) y su vinculación con la concentración proteica del forraje. Además se evaluaron los niveles de las diferentes fracciones de fibra (FDN, FDA y lignina) y cómo evoluciona la digestibilidad del FDN a lo largo de los diferentes tratamientos (mediciones en el tiempo) y en cada uno de los rebrotes. De esta forma fue posible construir las **curvas de crecimiento** y las de los diferentes parámetros químicos evaluados.

En tanto la producción de forraje se midió en kg. MS por maceta, extrapolándola a la superficie de una hectárea por cada tratamiento a lo largo del ensayo, incluyendo el último corte como forraje acumulado. Lo propio se hizo de cada rebrote. Se obtuvieron 4 indicadores: 1) la producción de forraje por cada corte o defoliación (kg MS/tratamiento/defoliación), 2) el forraje producido en todo el ensayo (kg MS/tratamiento/año⁻¹), 3) la tasa de crecimiento diario (mm/día) y 4) la tasa de producción diaria de MS (kg. MS/día/ha).

Además se hicieron evaluaciones fenológicas, desde la emergencia hasta la madurez fisiológica, como fecha de emergencia, aparición del primer nudo, panoja embuchada, aparición de las primeras panojas, floración plena, formación de grano (lechoso, pastoso y duro), etc. Asimismo, se registró el color y sanidad de las hojas.

III.A.1.2 Resultados

A continuación se describirán, en forma separada, el comportamiento productivo, nutricional y fenológico de cada uno de los materiales evaluados. De esa forma se podrá hacer un análisis más pormenorizado de cada *Panicum*. En tanto en *Anexo I* se presentan las “curvas de crecimiento” y las “curvas de los diferentes parámetros químicos” evaluados de los 3 *Panicum*.

III.A.1.2.1 Evaluación de parámetros productivos, nutricionales y fenológicos del *P. coloratum* cv *coloratum* (Mijo perenne) en invernadero

En las Tablas 19 y 20 se detallan las mediciones fenológicas realizadas sobre el *P. coloratum* (Mijo perenne), tanto en fechas fijas como la caracterización fenológica de cada tratamiento (momento del primer corte).

Tabla 19: Mediciones fenológicas de los *P. coloratum* cv. *coloratum* (Mijo perenne) en invernadero

Fecha	Descripción
29/10/2013 (45 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): 20,8 cm. Hojas por macollo: 5-6 hojas/macollo. Ancho de hojas: 4 mm. Nº de macollos por planta: 3-4 macollos/planta. Nudos detectables: 2 Altura del ápice: 6-8 cm desde la base. Largo de raíces: 16 cm.
04/11/2013 (50 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): 35-40 cm. Hojas por macollo: 5-6 hojas/macollo. Ancho de hojas: 4-6 mm. Nº de macollos por planta: 4-5 macollos/planta. Nudos detectables: 2 Altura del ápice: 8-10 cm desde la base. Estado fenológico: 25-30% de plantas panojadas (PEP). Largo de raíces: 20 cm.
03/12/2013 (80 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ±45 cm. Hojas por macollo: 7-8 hojas/macollo. Ancho de hojas: ±6 mm. Nº de macollos por planta: 4-5 macollos/planta. Nudos detectables: 5 Altura del ápice: 27 cm desde la base. Estado fenológico: 75% de panojamiento Largo de raíces: 25 cm.
19/12/2013 (95 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ±60 cm. Hojas por macollo: 7-8 hojas/macollo. Ancho de hojas: ±6 mm. Nº de macollos por planta: 4-5 macollos/planta. Nudos detectables: 5 Estado fenológico: Prefloración 90% (5 nudos detectables) Largo de raíces: 25 cm.
03/01/2014 (110 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ±75-80 cm. Hojas por macollo: 7-8 hojas/macollo. Ancho de hojas: ±6 mm. Nº de macollos por planta: 4-5 macollos/planta. Nudos detectables: 5 Estado fenológico: Panojamiento del 100 %. Floración plena. Largo de raíces: 30 cm.

Tabla 20: Algunos parámetros fenológicos del *P. coloratum* cv. *coloratum* (Mijo perenne) al momento del primer corte de cada uno de los tratamientos

Tratamientos	Breve descripción fenológica
<u>Muestra 0</u> (11/10/13) ¹ (26 días) ²	Estado de pasto. 3 a 4 hojas/macollo. Hojas verde intenso. 30 días del nacimiento. Altura de 25 cm (<i>escala</i> Zadoks Z 0.5 a 1.0) (FAO 2010)
<u>Tratamiento 1</u> (26/11/13) ¹ (72 días) ²	Estado de pasto. 4 a 6 hojas/macollo (hojas verde intermedio). Altura de 39,80 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 1.0 a 1.5)
<u>Tratamiento 2</u> (19/12/13) ¹ (95 días) ²	Estado en encañazón. 6 a 8 hojas/macollo y 3 a 4 macollos/planta (hojas verde-amarillento). Altura de 57,3 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 1.5 al 2.4)
<u>Tratamiento 3</u> (03/01/14) ¹ (110 días) ²	Estado de panojamiento-post floración (EP). Hojas verde-amarillento. Altura de 70 cm (<i>escala</i> Zadoks Z 3.1 a Z4.3).
<u>Tratamiento 4</u> (17/01/14) ¹ (124 días) ²	Estado de formación de grano lechoso. Hojas color verde-amarillento. Altura 82 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 5.1 a Z6.3).
<u>Tratamiento 5</u> (04/02/14) ¹ (141 días) ²	Grano pastoso-duro (madurez fisiológica). Hojas de color amarillento verdoso. Altura de 85 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 7.0 a Z7.3).
<u>Tratamiento 6</u> (F. acum) (07/07/17) ¹ (295 días) ²	Totalmente amarillo (x heladas). Altura de 93 cm.

1) Fecha del primer corte 2) Días del nacimiento al 1º corte de cada tratamiento

En la Tabla 21 se presenta el intervalo en días, las temperaturas medias y acumuladas hasta el primer corte y del nacimiento hasta el 1° corte por cada tratamiento del *P. coloratum*.

Tabla 21: Intervalo de días, temperaturas medias y acumuladas entre tratamiento, del nacimiento hasta el 1° corte de cada tratamiento (*P. coloratum* cv *coloratum* –Mijo perenne) –Invernadero- (INTA)

Tratamientos	Temperaturas acumulada (TA) ¹ (°C)	Intervalo entre corte (tratamientos)			
		Días ²	Días ³	Temperatura media ⁴	Temperatura Acumulada ⁴
Intervalo siembra-nacimiento	TA: 330°				
Muestra 0	TA: 283,4° TP: 10,9°				
Tratamiento 1	TA: 283,4°	0	0	31.1°	0°
Tratamientos 2	TA: 1.713,6°	23	23	30.8°	708,4°
Tratamiento 3	TA: 2.422,5°	15	15	32.8°	492,5°
Tratamientos 4	TA: 2.915°	14	14	32.7°	457,8°
Tratamiento 5	TA: 3.372,8°	18	18	32.2°	547°
Tratamiento 6 (F. Acumulado)	TA: 3.919,8°	---	153	14.6°	2.245,7°
Promedio	TA: 2.136,7°	12	37	29°	890.28°
Desvío estándar	1430.19	8.6	45.1	7.1	717,78

1. Intervalo de temp. acumulada desde el nacimiento al 1° corte de cada tratamiento. 2) Intervalo en días, entre tratamiento, sin incluir forraje acum. 3) Intervalo en días entre tratamiento, incluyendo el corte del forraje acum. 4) Temp. media y acumulada entre tratamientos.

En las Tablas 22, 23, 24 y 25 se presentan los resultados obtenidos en producción de forraje, tasa de crecimiento, de producción de MS y calidad de nutricional tanto del primer corte como promedio de todo el ensayo.

Tabla 22: Producción de MV y MS al 1° corte y total de cada tratamiento “temporada primavera-estival 2013/14” (*P. coloratum* cv *coloratum* –Mijo perenne-)–invernadero- (INTA)

Tratamiento	Rebrote	Mat. Verde ¹ (kg.MV/ha)	Mat. Seca ¹ (kg.MS/ha)	Mat. Verde ² (kg.MV/ha)	EE (±)	Mat. Seca ² (kg.MS/ha)	EE (±)
1	4	8.555 ^a	2.880 ^c	32.083,8 ^a	1433.6	10.120 ^a	144.74
2	4	11.646 ^c	3.680 ^c	32.177,5 ^a	1175.6	9980 ^b	176.21
3	2	17.520 ^c	7.840 ^b	31.020 ^b	695.36	12.560 ^d	133.21
4	2	17.520 ^c	6.696 ^c	26.480 ^c	1118.1	9.256 ^c	38.76
5	1	10.800 ^b	5.560 ^c	17.680 ^d	3885.3	8.280 ^c	140.33
6 (F. Acumulado)	0	16.480 ^d	9.336 ^a	16.480 ^d	1541.4	9336 ^c	155.06
Promedio	2.6	13.753,5	5.998,7	25.987		9905,3	
Desvío Estándar	1.14	3899	2462	7217		1448	

1) Producción de MV y MS del 1° corte de cada tratamiento 2) Producción de MV y MS total ensayo de cada tratamiento EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05) MS: R² 1 cv 3.57 MV: R² 0.95 cv 15.33

Tabla 23: Producción total de cada tratamiento “temporada primavera-estival 2013/14” (*P. coloratum* cv coloratum –Mijo perenne)–invernadero- (INTA Bordenave)

Tratamientos	Altura ¹ (cm)	EE (±)	Altura ² (cm)	Días ³	Días ⁴	tasa crecim ⁵ (mm/día)	tasa crecim ⁶ (mm/día)	Tasa de prod. de MS ⁷ (kg/día/ha)	Tasa de prod. de MS ⁸ (kg/día/ha)
1	39.8 ^a	3.08	34.3 ^a	72	186	5.53 ^b	1.84 ^a	40 ^{bc}	54.41 ^c
2	87.3 ^d	2.43	38.1 ^b	95	186	6.03 ^c	2.05 ^b	38.74 ^b	53.12 ^c
3	70 ^b	1.96	43.7 ^c	110	173	6.36 ^{cd}	2.53 ^{bc}	71.27 ^d	72.60 ^d
4	82 ^{cd}	3.97	46.6 ^{cd}	124	173	6.61 ^d	2.70 ^c	54.00 ^c	53.50 ^c
5	75 ^{bc}	0.45	60.3 ^d	142	173	5.98 ^b	3.49 ^d	39.15 ^b	47.86 ^b
6 (F. Acumulado)	93 ^e	1.25	93 ^e	295	295	3.15 ^a	3.15 ^{cd}	31.65 ^a	31.65 ^a
Promedio	82.5		52.7	140	198	5.6	2,6	45,8	52,2
Desvío Estándar	9.54		21.68			1.26	0.63	14.45	13,15

1. Altura del 1° corte de cada tratamiento 2) Altura promedio de todos los cortes. 3) Días del nacimiento (15/09/2013) al 1° corte de cada tratamiento

4) Días del nacimiento (15/09/2013) al último corte de cada tratamiento. 5) Tasa de crecimiento desde el nacimiento (15/09/2013) al 1° corte de cada tratamiento. 6) Tasa de crecimiento desde el nacimiento (15/09/2013) al último corte de cada tratamiento (incluye los rebrotes). 7) Tasa de producción de MS desde del nacimiento (15/09/2013) al 1° corte de cada tratamiento. 8) Tasa de producción de MS desde del nacimiento (15/09/2013) al último corte de cada tratamiento (incluye los rebrotes).

EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05). Altura: R² 0.93 cv 8.7

Tabla 24: Parámetros de calidad nutricional y productivos (kg de MS digestible/ha) del 1° corte de cada tratamiento del *P. coloratum* cv. coloratum (Mijo perenne) en invernadero

Trata.	Días del nacim. ¹	MS (%)	PB (%)	PBS (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig./ha)	EM (Mcal EM/kg MS)	PB/ EM g PB/ Mcal EM	CNES (%)	FDN (%)	Dig. FDN (%)	LDA (%)
0	26	15,6 ^a	21,8 ^d	9,04 ^d	82,4 ^c		2,97 ^c	73,4 ^a	5,8 ^a	57,4 ^b	58,2 ^{ab}	0,68 ^a
1	72	28,76 ^{ab}	11,16 ^c	3,93 ^c	67,39 ^b	1.929,6 ^a	2,43 ^b	45,90 ^b	6,55 ^{ab}	70,5 ^a	61,88 ^a	3,14 ^b
2	95	31,38 ^{ab}	8,44 ^b	3,42 ^b	61,40 ^{ab}	2.244,8 ^{ab}	2,22 ^{ab}	38,10 ^b	6,25 ^a	70,5 ^a	57,97 ^{ab}	3,70 ^b
3	110	35,61 ^b	7,41 ^b	2,96 ^b	58,48 ^a	4.547,2 ^d	2,11 ^{ab}	35,12 ^{bc}	7,70 ^{bc}	69,9 ^a	55,46 ^b	3,97 ^b
4	124	35,9 ^b	6,25 ^{ab}	2,1 ^{ab}	55,88 ^a	3.749,7 ^c	2,02 ^a	31,00 ^c	6,90 ^{ab}	70,6 ^a	52,14 ^c	4,03 ^{bc}
5	141	56,65 ^c	4,45 ^{ab}	2,5 ^{ab}	57,97 ^a	3.224,8 ^b	2,09 ^{ab}	21,28 ^d	8,40 ^c	67,0 ^a	54,37 ^b	5,34 ^c
6 (F.Ac) ²	295	66.2	2,79	1.88	37,10	3.463.6	1,34	20,84	3,30	81,4	57,47	3,95
Prom	144	42,42	6,75	2,81	56,37	3.191,7	2,03	33,09	6,52	71,65	56,55	4,02
Desvío Est. Signific. R ² : EE (±)		17,28 P<0,05 0.99 1.456	6,3 P<0,05 0.92 0.587	2,55 P<0,05 0.9 0.758	13,58 P<0,001 0.74 2.357	970,40 P<0,05 0.87 3.581	0,49 P<0,001 0.72 0.100	18,01 P<0,05 0.7 2.891	0,96 P<0,05 0.83 0.361	7,05 P<0,05 0.5 1.367	3,14 P<0,05 0.85 0.985	1,43 P<0,05 0.8 0.361

1) Días entre el nacimiento y el 1° corte de cada tratamiento 2) Los forrajes acumulados se analizarán estadísticamente más adelante. Remarcado en “color rojo” los tratamientos que mostraron adecuados parámetros de calidad (bovinos para carne).

Tabla 25: Parámetros de calidad nutricional y productivos (kg de MS digestible/ha) promedio de todos los cortes de cada tratamiento del *P. coloratum* (Mijo perenne) en invernadero

Tratamientos	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig/ha)	EM Mcal EM/kgMS	PB/EM g PB/ Mcal EM	FDN (%)	Dig. FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
1	31,04 ^a	10,64 ^b	66,56 ^b	6.735,87^b	2,40 ^b	44,33 ^c	69,23 ^b	57,61 ^c	29,34 ^a	3,13 ^{ab}
2	30,43 ^a	9,86 ^b	63,71 ^b	6.293,56^b	2,44 ^b	40,40 ^c	69,16 ^b	55,64 ^b	30,68 ^a	3,51 ^b
3	41,78 ^b	7,90 ^a	60,93 ^b	7.649,04^b	2,20 ^b	35,91 ^b	67,12 ^a	54,22 ^a	30,73 ^a	3,58 ^b
4	35,61 ^a	8,00 ^a	60,15 ^b	5.562,86^b	2,17 ^b	36,87 ^b	67,22 ^a	54,47 ^a	30,65 ^a	3,02 ^a
5	50,69 ^c	6,40 ^a	56,35 ^a	4.661,64^a	2,04 ^a	31,37 ^a	67,27 ^a	55,58 ^b	29,88 ^a	3,84 ^c
6 (F. Ac.) ¹	66,2	2,79	37,10	3.463,66	1,34	20,82	81,44	57,47	34,64	3,95
Prom.	41,03	7,60	57,47	5.727,80	2,10	34,94	70,24	55,88	30,99	3,50
Desvío Est	10,76	2,80	10,55	1.504,51	0,40	8,21	5,58	1,44	1,87	0,37
Significancia	P<0,05	P<0,05	P<0,001	P<0,05	P<0,001	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
R ² :	0,97	0,92	0,92	0,87	0,92	0,85	0,91	0,87	0,44	0,96
EE (±)	2.094	0.648	1.715	1.125	0.071	1.554	0.949	1.894	0.935	0.158

Referencias: MS: materia seca, PB: proteína bruta, PBS: proteína bruta soluble. DMS: digestibilidad de la MS, EM: energía metabolizable, CNES: carbohidratos no estructurales solubles. 1) Los forrajes acumulados se analizarán estadísticamente más adelante.

III.A.1.2.2 Evaluación de parámetros productivos, nutricionales y fenológicos del *P. maximum* cv Gatton panic en invernadero

En las Tablas 26 y 27 se presentan las mediciones fenológicas realizadas sobre el *P. maximum* cv Gatton panic, tanto en fechas fijas como la caracterización fenológica de cada tratamiento (momento del primer corte).

Tabla 26: Mediciones fenológicas de los *P. maximum* (Gatton panic)

Fecha	Descripción
29/10/2013 (45 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): 22,8 cm. Hojas por macollo: 5-8 hojas/macollo. Ancho de hojas: 10 mm. Nº de macollos por planta: 3-4 macollos/planta. Nudos detectables: 0 Altura del ápice: 3-4 cm, desde la base de la planta. Largo de raíces: 25 cm.
04/11/2013 (50 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): 30 cm. Hojas por macollo: 5-8 hojas/macollo. Ancho de hojas: 10-15 mm. Nº de macollos por planta: 8-10 macollos/planta. Nudos detectables: 1 Altura del ápice: 6 a 8 cm, desde la base de la planta. Largo de raíces: 25 cm.
03/12/13 (80 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ± 47 cm. Hojas por macollo: 7-8 hojas/macollo. Ancho de hojas: $\pm 10-15$ mm. Nº de macollos por planta: 8-10 macollos/planta. Nudos detectables: 2 Altura del ápice: 10-12 cm, desde la base. Largo de raíces: 30 cm.
19/12/2013 (95 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ± 75 cm. Hojas por macollo: 9-10 hojas/macollo. Ancho de hojas: $\pm 10-13$ mm. Nº de macollos por planta: 8-10 macollos/planta. Nudos detectables: 3 Altura del ápice: último nudo a 17 cm. de la base. Largo de raíces: 35 cm.
03/01/2014 (110 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): $\pm 80-85$ cm. Hojas por macollo: 9-10 hojas/macollo. Ancho de hojas: $\pm 12-15$ mm. Nº de macollos por planta: 8-10 macollos/planta. Nudos detectables: 4 Altura del ápice: último nudo a 34 cm. de la base. Largo de raíces: 35 cm.

Tabla 27: Algunos parámetros fenológicos del *P. maximum* (Gatton panic) en invernadero al momento del primer corte de cada uno de los tratamientos

Tratamientos	Breve descripción fenológica
<u>Muestra 0</u> (11/10/13) ¹ (26 días) ²	Estado de pasto. 3 a 4 hojas/macollo. Hojas verde intenso. 30 días del nacimiento. Altura de 25 cm (<i>escala Zadoks Z 0.5 a 1.0</i>) (<i>FAO 2010</i>)
<u>Tratamiento 1</u> (26/11/13) ¹ (72 días) ²	Estado de pasto. 5 a 6 hojas/macollo (hojas verde intermedio). Altura de 42.0 cm. (<i>escala Zadoks Z 1.0 a 1.5</i>)
<u>Tratamiento 2</u> (19/12/13) ¹ (95 días) ²	Estado en encañazón. 6 a 8 hojas/macollo y 3 a 4 macollos/planta (hojas verde-amarillento). Altura de 66,3 cm. (<i>escala Zadoks Z 1.5 al 2.4</i>)
<u>Tratamiento 3</u> (03/01/14) ¹ (110 días) ²	Idem. Altura de 78,5 cm
<u>Tratamiento 4</u> (17/01/14) ¹ (124 días) ²	Idem. Presencia de 2-4 hojas inferiores amarilla y seca. Altura de 82,0 cm
<u>Tratamiento 5</u> (04/02/14) ¹ (141 días) ²	Idem, con 6 a hojas secas. Altura de 82,8 cm
<u>Tratamiento 6</u> (19/02/14) ¹ (157 días) ²	Estado de panojamiento-post floración (EP). Hojas verde-amarillento. Altura de 85 cm (<i>escala Zadoks Z 3.1 a Z4.3</i>).
<u>Tratamiento 7</u> (07/03/14) ¹ (173 días) ²	Estado de formación de grano lechoso. Hojas color verde-amarillento. Altura 99,5 cm. (<i>escala Zadoks Z 5.1 a Z6.3</i>).
<u>Tratamiento 8</u> (20/03/14) ¹ (186 días) ²	Grano pastoso-duro (madurez fisiológica). Hojas de color amarillento verdoso. Altura de 108,3 cm. (<i>escala Zadoks Z 7.0 a Z7.3</i>).
<u>Tratamiento 9</u> (F. Acum.) (07/07/14) ¹ (295 días) ²	Totalmente amarillo (x heladas). Altura de 119,5 cm

1) Fecha del primer corte 2) Días del nacimiento al 1° corte de cada tratamiento

En la Tabla 28 se presenta el intervalo en días, las temperaturas medias y acumuladas hasta el primer corte y del nacimiento hasta el 1° corte por cada tratamiento del *P. maximum* cv Gatton panic.

Tabla 28: Intervalo de días, temperaturas medias y acumuladas entre tratamiento, del nacimiento hasta el 1° corte de cada tratamiento (*P. maximum* cv Gatton panic) -Invernadero- (INTA)

Tratamientos	Temperaturas acumulada (TA) ¹ (°C)	Intervalo entre corte (tratamientos)			
		Días ²	Días ³	Temperatura media ⁴	Temperatura Acumulada ⁴
Intervalo siembra-nacimiento	TA: 330°				
Muestra 0	TA: 283,4°				
Tratamiento 1	TA: 1.713,6°	0	0	31°	0°
Tratamientos 2	TA: 2.422,5°	23	23	30.8°	708,9°
Tratamiento 3	TA: 2.915°	15	15	32.8°	492,5°
Tratamientos 4	TA: 3.372,8°	14	14	32.2°	457,8°
Tratamiento 5	TA: 3.919.8°	17	17	32.7°	547°
Tratamiento 6	TA: 4.348,9°	16	16	26.8°	429,1°
Tratamiento 7	TA: 4.740,2°	16	16	24.5°	391,3°
Tratamiento 8	TA: 5.022,2°	13	13	21.7°	282°
Tratamiento 9 (F. Acumulado)	TA: 6.165,5°	-----	109	10.5°	1.143,3°
Promedio	TA: 3.203,1°	14	25	27°	556.49°
Desvío estándar	1897.19	6.5	22.4	7,35	383,88

1)Intervalo de temp. acumulada desde el nacimiento al 1° corte de cada tratamiento. 2) Intervalo en días, entre tratamiento, sin incluir forraje acum. 3) Intervalo en días entre tratamiento, incluyendo el corte del forraje acum. 4) Temp. media y acumulada entre tratamientos.

En las Tablas 29, 30, 31 y 32 se presentan los resultados obtenidos en producción de forraje, tasa de crecimiento, de producción de MS y calidad de nutricional tanto del primer corte como promedio de todo el ensayo.

Tabla 29: Producción de MV y MS al 1° corte y total de cada tratamiento “temporada primavera-estival 2013/14” (*P. maximum* cv Gatton panic)-invernadero- (INTA Bordenave)

Tratamiento	Rebrote	Mat. Verde ¹ (kg.MV/ha)	Mat. Seca ¹ (kg.MS/ha)	Mat. Verde ² (kg.MV/ha)	EE (±)	Mat. Seca ² (kg.MS/ha)	EE (±)
1	3	12.485 ^a	3.120 ^a	39.715 ^{cb}	3276.96	9.475 ^b	929.61
2	2	18.400 ^b	4.910 ^b	29.280 ^a	1547.98	8.600 ^a	334.16
3	2	17.185 ^b	5.500 ^b	29.825 ^a	1446.62	9.076 ^{ab}	212.71
4	2	23.120 ^c	6.905 ^c	35.760 ^c	1827.23	9.980 ^b	546.89
5	2	21.920 ^c	6.275 ^c	46.720 ^d	1698.23	13.170 ^c	388.69
6	1	26.240 ^d	7.280 ^c	47.520 ^{dc}	2645.18	10.960 ^{bc}	458.23
7	1	35.440 ^e	10.640 ^d	46.160 ^d	1974.65	12.960 ^c	655.17
8	1	49.440 ^f	12.880 ^e	57.280 ^e	2894.63	13.760 ^d	608.99
9 (F. Acumulado)	0	32.960 ^e	13.625 ^e	32.960 ^b	1705.26	13.625 ^d	415.12
Promedio	1.6	26.354,40	7903,90	40.580		11.298,60	
Desvío Estándar	0.88	11.341,16	3.651,15	9.495,36		2.095,64	

1)Prod. de MV y MS del 1° corte de cada trat. 2) Prod. de MV y MS total ensayo de cada trat. EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05) MS: R² 0.91 cv 15.62 efecto trata: p<0.0001 MV: R² 0.78 cv 17.79 efecto trata: p<0.0001

Tabla 30: Producción total de cada tratamiento “temporada primavera-estival 2013/14”
(*P. maximum* cv Gatton panic)–invernadero- (INTA Bordenave)

Tratamientos	Altura ¹ (cm)	EE (±)	Altura ² (cm)	Días ³	Días ⁴	tasa crecim ⁵ (mm/día)	tasa crecim ⁶ (mm/día)	Tasa de prod. de MS ⁷ (kg/día/ha)	Tasa de prod. de MS ⁸ (kg/día/ha)
1	42,00 ^a	2.75	39,87 ^a	72	157	5.83 ^b	2.54 ^a	43.33 ^a	60.35 ^c
2	66,30 ^b	3.96	45,53 ^b	95	142	6.98 ^c	3.21 ^b	51.68 ^b	60.56 ^c
3	78,50 ^c	3.54	50,83 ^{bc}	110	173	7.14 ^c	2.94 ^a	50.0 ^b	52.46 ^b
4	82,00 ^c	1.88	53,33 ^{bc}	124	173	6.61 ^{cb}	3.08 ^b	55.68 ^c	57.69 ^{bc}
5	82,80 ^c	2.95	59,12 ^c	142	186	5.83 ^b	3.18 ^b	44.19 ^a	70.81 ^e
6	85.0 ^c	3.44	85 ^e	157	186	5.41 ^b	4.57 ^d	46.37 ^{ab}	58.92 ^{bc}
7	99,5 ^d	1.78	67,25 ^{cd}	173	201	5.75 ^b	3.35 ^{bc}	61.50 ^{cd}	64.48 ^d
8	108,3 ^e	2.45	73,15 ^d	186	201	5.82 ^b	3.64 ^c	69.25 ^d	68.56 ^{de}
9 (F. acu)	119,5 ^f	1.98	119,5 ^f	295	295	4.05 ^a	4.05 ^d	46.19 ^{ab}	46.19 ^a
Promedio	84,88		65,95	150.4	190.4	5.9	3.4	52.0	60.0
Desvío Estándar	24.49		24,53	65.52	43.69	0.93	0.61	8.71	7.62

1. Altura del 1° corte de cada tratamiento 2) Altura promedio de todos los cortes. 3) Días del nacimiento (15/09/2013) al 1° corte de cada tratamiento. 4) Días del nacimiento (15/09/2013) al último corte de cada tratamiento. 5) Tasa de crecimiento desde el nacimiento (15/09/2013) al 1° corte de cada tratamiento. 6) Tasa de crecimiento desde el nacimiento (15/09/2013) al último corte de cada tratamiento (incluye los rebrotes). 7) Tasa de producción de MS desde del nacimiento (15/09/2013) al 1° corte de cada tratamiento. 8) Tasa de producción de MS desde del nacimiento (15/09/2013) al último corte de cada tratamiento (incluye los rebrotes). EE (±) error estándar Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05) Altura: R² 0.94 cv 6.9 efecto trata: p<0.0001

Tabla 31: Parámetros de calidad nutricional y productivos (kg de MS digestible/ha) del 1° corte de cada tratamiento del *P. maximum* (Gatton panic) en invernadero

Trata.	Días del nacim. ¹	MS (%)	PB (%)	PBS (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig./ha)	EM (Mcal EM/kg MS)	PB/ EM g PB/ Mcal EM	CNES (%)	FDN (%)	Dig. FDN (%)	LDA (%)
0	26	15 ^a	18,8 ^e	7,79 ^d	80,3 ^f		2,88 ^f	64,83 ^f	5,25 ^a	48,8 ^a	60,5 ^c	0,68 ^a
1	72	25,8 ^a	11,5 ^d	2,32 ^b	72,4 ^e	2.259 ^a	2,61 ^e	44,02 ^e	6,25 ^b	65,4 ^{bc}	59,40 ^c	2,7 ^b
2	95	26 ^a	9,2 ^c	2,34 ^b	63,5 ^{de}	3.117,85 ^{ab}	2,29 ^{de}	40,16 ^e	6,30 ^b	69,2 ^b	51,00 ^b	2,69 ^b
3	110	28,8 ^a	8,1 ^c	2,46 ^b	68,0 ^e	3.740 ^b	2,45 ^e	33,01 ^d	6,35 ^b	67,5 ^b	51,80 ^b	2,58 ^b
4	124	30,3 ^{ab}	5,5 ^b	1,46 ^a	59,8 ^{cd}	4.129,19 ^c	2,16 ^{cd}	25,49 ^c	5,10 ^a	70,2 ^c	50,40 ^b	3,49 ^c
5	141	32,6 ^d	3,57 ^a	2,47 ^b	56,1 ^{bc}	3.520,27 ^b	2,02 ^{bc}	17,64 ^{ab}	5,25 ^a	70,0 ^c	45,80 ^a	2,13 ^{ab}
6	157	36,3 ^{bc}	3,19 ^a	2,27 ^b	58,9 ^{cd}	4.287,92 ^c	2,13 ^{cd}	15,01 ^a	7,95 ^c	70 ^c	47,5 ^a	3,56 ^c
7	173	37,63 ^c	3,22 ^a	2,50 ^b	48,8 ^a	5.192,32 ^d	1,76 ^a	18,29 ^b	5,50 ^{ab}	67 ^{bc}	48 ^a	2,20 ^{ab}
8	186	38,5 ^{abc}	3,0 ^a	3,37 ^c	50,3 ^{ab}	6.478,64 ^e	1,81 ^{ab}	16,53 ^{ab}	5,60 ^{ab}	69,4 ^b	46,5 ^a	1,66 ^{ab}
9 (F.acu) ²	295	41,4	2,94		39,80	5.422,75	1,44	20,20	2,85	74,5	36,85	3,49
Prom.	153	33,04	5,58	2,40	58,00	4.635,10	2,08	26,87	5,68	69,24	48,68	2,63
Desvío Est, Significancia		4,62 P<0,05	1,93 P<0,01	0,61 P<0,05	9,11 P<0,001	989,67 P<0,05	0,33 P<0,001	6,32 P<0,05	1,53 P<0,05	2,44 P<0,05	4,54 P<0,05	0,77 P<0,05
R ² :		0,93	0,98	0,92	0,94	0,87	0,94	0,88	0,9	0,82	0,88	0,69
EE (±)		2,067	0,387	1,251	1,886	1,125	0,071	0,894	0,291	0,758	0,985	0,745

Referencias: MS: materia seca, PB: proteína bruta, PBS: proteína bruta soluble. DMS: digestibilidad de la MS, EM: energía metabolizable, CNES: carbohidratos no estructurales solubles.

1) Días entre el nacimiento y el 1° corte de cada tratamiento. 2) Los forrajes acumulados se analizarán estadísticamente más adelante.

Remarcado en “color rojo” los tratamientos que mostraron adecuados parámetros de calidad (bovinos para carne).

Tabla 32: Parámetros de calidad nutricional y productivos (kg de MS digestible/ha) promedio de todos los cortes de cada tratamiento del *P. maximum* (Gatton panic) en invernadero

Trata	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig/ha)	EM Mcal EM/kgMS	PB/EM g PB/Mcal EM	FDN (%)	Dig. FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
1	23,64 ^a	11,0 ^e	72,46 ^f	6.865,58 ^c	2,61 ^e	42,15 ^c	66,35 ^a	56,61 ^d	28,79 ^a	2,36 ^a
2	25,55 ^b	9,90 ^d	68,48 ^c	5.889,28 ^a	2,42 ^d	40,91 ^c	64,35 ^a	52,64 ^b	30,47 ^a	2,56 ^a
3	30,92 ^d	8,00 ^c	65,46 ^d	5.941,14 ^a	2,36 ^d	33,90 ^b	66,37 ^a	53,61 ^c	30,79 ^a	2,91 ^{ab}
4	27,66 ^c	7,62 ^b	62,64 ^c	6.251,47 ^b	2,26 ^c	33,72 ^b	66,93 ^a	51,67 ^b	32,35 ^b	3,97 ^c
5	23,66 ^a	7,02 ^b	61,88 ^c	8.149,6 ^e	2,23 ^c	31,48 ^a	68,72 ^b	51,11 ^b	33,60 ^b	3,24 ^b
6	25,68 ^{bc}	6,35 ^a	58,78 ^b	6.442,29 ^b	2,12 ^b	29,95 ^a	68,87 ^b	49,37 ^a	34,87 ^c	3,76 ^c
7	30,01 ^d	6,83 ^a	59,35 ^b	7.691,76 ^d	2,14 ^b	31,92 ^a	66,47 ^a	50,14 ^a	33,14 ^b	2,63 ^a
8	25,46 ^b	8,53 ^c	56,28 ^a	7.744,13 ^d	2,03 ^a	42,02 ^c	67,82 ^b	49,94 ^a	33,95 ^b	3,87 ^c
9 (acumul.) ¹	41,4	2,94	39,80	5.422,75	1,44	20,20	74,5	36,85	37,65 ^d	3,49
Promedio	28,22	7,44	60,56	6.700,8	2,18	34,05	67,82	51,05	32,85	3,20
Desvío Estándar	5,55	2,03	9,29	952,20	0,33	6,98	2,85	2,37	2,64	0,61
Significancia	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.001	P<0.01	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.01
R ² :	0.96	0.92	0.67	0.78	0.62	0.75	0.88	0.85	0.8	0.8
EE (±)	1.474	0.452	3.323	1.598	0.122	2.451	3.154	2.891	3.157	0.308

Referencias: MS: materia seca, PB: proteína bruta, PBS: proteína bruta soluble. DMS: digestibilidad de la MS, EM: energía metabolizable, CNES: carbohidratos no estructurales solubles. 1) Los forrajes acumulados se analizarán estadísticamente más adelante.

Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05).

III.A.1.2.3 Evaluación de parámetros productivos, nutricionales y fenológicos del *P. maximum* cv Guinea likoni en invernadero

En las Tablas 33 y 34 se presentan las mediciones fenológicas realizadas sobre el *P. maximum* cv Guinea likoni, tanto en fechas fijas como la caracterización fenológica de cada tratamiento (momento del primer corte).

Tabla 33: Mediciones fenológicas de los *P. maximum* cv. Guinea likoni

Fecha	Descripción
04/11/2013 (30 días del nacimiento)	Emergencia del 85% Aprox.
19/12/2013 (75 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ± 25 cm. Hojas por macollo: 4-5 hojas/macollo. Ancho de hojas: 9-10 mm. Nº de macollos por planta: 3-4 macollos/planta Altura del ápice: no detectable (en la base). Largo de raíces: 20 cm.
03/01/2014 (90 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ± 35 cm. Hojas por macollo: 4-5 hojas/macollo. Ancho de hojas: 9-10 mm. Nº de macollos por planta: 3-4 macollos/planta Altura del ápice: 5 cm de la base. Largo de raíces: 25 cm.
15/03/2014 (160 días del nacimiento)	Altura de plantas (promedio del total): ± 55 cm. Hojas por macollo: 8-10 hojas/macollo. Ancho de hojas: ± 10 -13 mm. Nº de macollos por planta: 6-8 macollos/planta. Nudos detectables: 3 Altura del ápice: último nudo a 25 cm. de la base Estado fenológico: Ninguna planta llegó a panojar. Largo de raíces: 35 cm.

Tabla 34: Algunos parámetros fenológicos del *P. maximum* (Guinea likoni) al momento del primer corte de cada uno de los tratamientos

Tratamientos	Breve descripción fenológica
<u>Muestra 0</u> (19/12/13) ¹ (65 días) ²	Estado de pasto. 2 a 3 macollos/pl. 5 a 6 hojas/macollo. 50 días del nacimiento. Hojas verde intenso. Altura de 22 cm (<i>escala</i> Zadoks Z 0.5 a 1.0)
<u>Tratamiento 1</u> (27/01/14) ¹ (104 días) ²	Estado de pasto. 3 a 4 mac/pl 5 a 6 hoj/mac. (hojas verde intermedio). Altura de 22,3 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 1.0 a 1.5)
<u>Tratamiento 2</u> (04/02/14) ¹ (112 días) ²	Estado en encañazón. 3 a 4 macollos/planta, 5 a 7 hojas/macollo (hojas verde suave, sanas). Altura de 28 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 1.5 al 2.4)
<u>Tratamiento 3</u> (19/02/14) ¹ (127 días) ²	Idem. Altura de 30 cm
<u>Tratamiento 4</u> (07/03/14) ¹ (143 días) ²	Idem. Altura de 50 cm
<u>Tratamiento 5</u> (20/03/14) ¹ (156 días) ²	Idem. Altura de 51 cm
<u>Tratamiento 6</u> (04/04/14) ¹ (171 días) ²	Idem. Altura de 52 cm
<u>Tratamiento 7</u> (21/04/14) ¹ (188 días) ²	Idem. Altura de 55,8 cm
<u>Tratamiento 8 (F. acum)</u> (07/07/14) ¹ (265 días) ²	Forraje con un 80% amarillo (x heladas). Altura de 69,3 cm

1) Fecha del primer corte 2) Días desde el nacimiento al 1º corte de cada tratamiento

En la Tabla 35 se presenta el intervalo en días, las temperaturas medias y acumuladas hasta el primer corte y del nacimiento hasta el 1º corte por cada tratamiento del *P. maximum* cv Guinea likoni.

Tabla 35: Intervalo de días, temperaturas medias y acumuladas entre tratamientos, del nacimiento hasta el 1° corte de cada tratamiento (*P. maximum* cv Guinea likoni) – Invernadero- (INTA)

Tratamientos	Temperaturas acumulada (TA) ¹ (°C)	Intervalo entre corte (tratamientos)			
		Días ²	Días ³	Temperatura media ⁴	Temperatura Acumulada ⁴
Intervalo siembra-nacimiento	TA: 575°				
Muestra 0	TA: 2.025°				
Tratamiento 1	TA: 3.271,8°	0	0	31.9°	0
Tratamientos 2	TA: 3.574,6°	8	8	37.9°	303,6°
Tratamiento 3	TA: 3.904,5°	15	15	22°	330°
Tratamientos 4	TA: 4.345,2°	16	16	27.5°	440,7°
Tratamiento 5	TA: 4.598,2°	13	13	19.5°	253°
Tratamiento 6	TA: 4.923,2°	15	15	21.7°	325°
Tratamiento 7	TA: 5.108,4°	17	17	10.9°	185,2°
Tratamiento 8 (acumulado)	TA: 5.963,3°	----	77	11.1°	854,9°
Promedio	TA: 3.403,3°	12	20	22.8°	384.6
Desvío estándar	1456,48	6.1	13.6	9.47	367.18

1) Intervalo de temperatura acumulada desde el nacimiento al 1° corte de cada tratamiento. 2) Intervalo en días, entre tratamiento, sin incluir forraje acumulado. 3) Intervalo en días entre tratamiento, incluyendo el corte del forraje acumulado. 4) Temperatura media y acumulada entre tratamientos.

En las Tablas 36, 37, 38 39 se presentan los resultados obtenidos en producción de forraje, tasa de crecimiento, de producción de MS y calidad de nutricional.

Tabla 36: Producción de MV y MS al 1° corte y total de cada tratamiento “temporada primavera-estival 2013/14” (*P. maximum* cv Guinea likoni)–invernadero- (INTA Bordenave)

Tratamiento	Rebrote	Mat. Verde ¹ (kg. MV/ha)	Mat. Seca ¹ (kg. MS/ha)	Mat. Verde ² (kg. MV/ha)	EE (±)	Mat. Seca ² (kg. MS/ha)	EE (±)
1	2	11.500 ^a	3.350 ^a	28.912 ^b	2710.31	7.057 ^c	610.78
2	2	13.690 ^b	4.625 ^b	33.900 ^c	2507.67	8.797 ^{bc}	352.56
3	2	14.000 ^b	3.760 ^a	42.560 ^d	2899.10	9.120 ^b	661.63
4	1	25.760 ^c	7.440 ^c	47.200 ^e	2745.23	11.680 ^a	488.96
5	2	32.480 ^d	6.640 ^c	43.920 ^{de}	2445.12	8.640 ^{bc}	688.12
6	1	25.280 ^c	5.600 ^{bc}	29.120 ^{bc}	2318.69	6.400 ^d	741.56
7	0	13.520 ^b	4.288 ^b	13.520 ^a	2245.13	4.288 ^e	785.69
8 (F. Acum.)	0	27.920 ^c	9.560 ^d	27.920 ^{ab}	2897.45	9.560 ^b	968.15
Promedio	1.3	19.272,5	5.657,87	30.967,4		8.192,75	
Desvío Estándar	0,89	9.736,83	2.534,38	12.299,05		2.498,71	

1) Producción de MV y MS del 1° corte de cada tratamiento. 2) Producción de MV y MS total ensayo de cada tratamiento

EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

MS: R^2 0.88 cv 19.03 efecto tratamiento: $p < 0.0001$.

MV: R^2 0.91 cv 19.43 efecto tratamiento: $p < 0.0001$

Tabla 37: Producción total “total” de cada tratamiento “temporada primavera-verano 2013/14”
(*P. maximum* cv Guinea likoni)–invernadero- (INTA Bordenave)

Trata	Altura ¹ (cm)	EE (±)	Altura ² (cm)	Días ³	Días ⁴	tasa crecim ⁵ (mm/día)	tasa crecim ⁶ (mm/día)	Tasa de prod. de MS ⁷ (kg/día/ha)	Tasa de prod. de MS ⁸ (kg/día/ha)
1	29.25 ^a	1.97	27.6 ^a	73	150	4.01 ^c	1.84 ^a	45.89 ^c	47.05 ^c
2	28.0 ^a	1.88	29.8 ^a	81	150	3.46 ^b	1.99 ^a	57.10 ^{de}	58.65 ^d
3	30.0 ^a	1.55	32.3 ^b	96	150	3.12 ^a	2.15 ^{ab}	39.17 ^b	60.8 ^{de}
4	50.75 ^b	1.45	38.2 ^b	112	150	4.53 ^d	2.55 ^b	66.43 ^c	77.87 ^c
5	52.5 ^b	1.09	41.7 ^c	125	157	3.75 ^{bc}	2.66 ^b	53.12 ^d	55.03 ^d
6	52.25 ^b	1.84	44.6 ^c	140	157	3.73 ^{bc}	2.84 ^b	40.0 ^b	40.76 ^b
7	55.8 ^b	1.65	55.8 ^d	157	157	3.55 ^b	3.55 ^c	37.31 ^a	37.31 ^a
8 (F. Acum.)	69.3 ^c	2.06	69.3 ^c	204	204	3.40 ^a	3.40 ^a	46.86 ^c	46.86 ^c
Promedio	43.3		42.4	123,5	159,4	3.69	2.62	46.99	51.79
Desvío Estándar	16.26		14.17	43,3	18,36	0.43	0.63	12.05	15.06

1. Altura del 1° corte de cada tratamiento 2) Altura promedio de todos los cortes. 3) Días del nacimiento (15/09/2013) al 1° corte de cada trata. 4) Días del nacimiento (15/09/2013) al último corte de cada trata. 5) Tasa de crecimiento desde el nac. (15/09/2013) al 1° corte de cada trata. 6) Tasa de crecimiento desde el nac. (15/09/2013) al último corte de cada trata (incluye los rebrotes). 7) Tasa de producción de MS desde del nac. (15/09/2013) al 1° corte de cada trata. 8) Tasa de prod. de MS desde del nac. (15/09/2013) al último corte de cada trata (incluye los rebrotes). Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05) Altura: R² 0. 93 cv 9.31 efecto trata: p<0.0001

Tabla 38: Parámetros de calidad nutricional y productivos (kg de MS digestible/ha) del 1° corte de cada tratamiento del *P. Maximum* (Guinea likoni)

Trata.	Días del nacim ¹	MS (%)	PB (%)	PBS (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig./ha)	EM (Mcal EM/kg MS)	PB/ EM g PB/Mcal EM	CNES (%)	FDN (%)	Dig. FDN (%)	LDA (%)
0	65	24.21 ^b	20 ^c	8,28 ^c	69,8 ^c		2,52 ^{bc}	68,97 ^c	6,80 ^c	57,4 ^b	62,4 ^d	2,78 ^a
1	104	24.23 ^b	12,5 ^c	4,37 ^{ab}	70,6 ^c	2.365,1 ^a	2,55 ^{bc}	49,07 ^b	8,10 ^d	56,0 ^a	54,4 ^c	3,56 ^c
2	112	23.52 ^b	15,9 ^d	4,98 ^b	70,6 ^c	3.265,2 ^c	2,55 ^{bc}	62,66 ^c	7,55 ^d	54,2 ^a	43,6 ^b	3,68 ^c
3	127	23.85 ^b	18,5 ^d	4,51 ^{ab}	74,8 ^d	2.812,5 ^b	2,70 ^c	68,55 ^c	6,25 ^{bc}	58,0 ^b	61,2 ^d	2,29 ^a
4	143	20.51 ^a _b	18,2 ^d	5,84 ^{bc}	63,4 ^b	4.717 ^d	2,29 ^b	79,56 ^d	5,90 ^{bc}	62,0 ^c	57,4 ^{cd}	2,51 ^a
5	156	17.98 ^a	7,14 ^b	5,32 ^b	60,7 ^b	4.030,5	2,19 ^b	32,60 ^a	6,65 ^c	66,6 ^c	50,1 ^c	2,76 ^a
6	171	23.39 ^b	5,52 ^a	3,75 ^{ab}	54,9 ^a	3.074,4 ^b	1,98 ^a	27,87 ^a	4,0 ^a	71 ^d	35,5 ^a	3,61 ^c
7	188	31.75 ^c	4,43 ^a	1,41 ^a	50,0 ^a	2.144 ^a	1,80 ^a	24,56 ^a	5,05 ^b	68,3 ^c	35 ^a	3,17 ^b
8 (F. Acu) ²	265	34.2	5,2	1.3	39,40	3.766.64	1,42	36,58	2,75	67,8	35,1	3,36
Promedio	166	24.8	10,9	4,31	61,00	3.267,1	2,18	50,04	5,78	62,99	46,54	3,12
Desvío Están Significancia R ² : EE (±)		5.08 P<0,01 0.94 1.328	6,05 P<0,01 0.71 2.159	163,55 P<0,01 0.8 1.899	11,97 P<0,01 0.88 2.305	863.26 P<0,01 0.85 1.957	0,43 P<0,01 0.89 0.070	17,29 P<0,01 0.85 1.058	1,79 P<0,001 0.98 0.234	6,33 P<0,05 0.93 0.905	10,70 P<0,05 0.9 1.558	0,53 P<0,05 0.76 0.331

1) Días entre el nacimiento y el 1° corte de cada tratamiento 2) Los forrajes acumulados se analizarán estadísticamente más adelante. Remarcado en “color rojo” los tratamientos que mostraron adecuados parámetros de calidad (bovinos para carne).

Tabla 39: Parámetros de calidad nutricional y productivos (kg de MS digestible/ha) promedio de todos los cortes de cada tratamiento del *P. Maximum* (Guinea likoni)

Tratamientos	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig/ha)	EM Mcal EM/kgMS	PB/EM g PB/Mcal EM	FDN (%)	Dig. FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
1	28.64 ^c	12,44 ^c	71,57 ^c	5.050.69 ^c	2,58 ^d	48,22 ^b	61,63 ^a	56,65 ^c	26,50 ^a	2,76 ^b
2	24.52 ^b	10,21 ^b	62,41 ^b	5.490.2 ^c	2,25 ^b	45,38 ^b	62,00 ^a	49,34 ^a	31,17 ^b	2,34 ^b
3	21.68 ^a	15,01 ^d	66,17 ^d	6.034.7 ^d	2,39 ^c	62,80 ^c	60,25 ^a	55,68 ^c	26,49 ^a	1,81 ^a
4	23.88 ^b	18,41 ^e	64,95 ^c	7.586.16 ^d	2,34 ^c	78,67 ^d	64,18 ^b	56,7 ^c	27,72 ^a	2,39 ^b
5	19.25 ^a	11,71 ^c	61,03 ^b	5.273 ^c	2,20 ^b	53,23 ^b	67,87 ^c	53,92 ^b	31,62 ^b	2,56 ^b
6	22.21 ^{ab}	10,55 ^b	58,39 ^b	3.737 ^b	2,11 ^b	50,00 ^b	69,78 ^c	52,91 ^b	33,32 ^b	3,33 ^c
7	31.75 ^d	4,43 ^a	50,04 ^a	2144 ^a	1,81 ^a	24,48 ^a	68,28 ^c	48,83 ^a	34,94 ^c	3,17 ^c
8 (F. Acum.) ¹	34.2	5,20	39,40	3.766.64	1,42	36,58	67,80	48,26	35,10 ^c	3,36
Promedio	25.8	11,00	59,25	4.876.0	2,14	49,96	65,23	54,03	30,86	2,71
Desvío Estándar	5.24	4,65	10,17	1.664	0,37	16,23	3,65	3,54	3,57	0,55
Significancia	P<0,01	P<0,001	P<0,0001	P<0,0001	P<0,001	P<0,01	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
R ² :	0.93	0.94	0.87	0.85	0.87	0.85	0.9	0.88	0.98	0.91
EE (±)	1.301	1.367	3.284	2.891	0.122	2.150	1.341	2.056	0.741	0.158

2° Experimentos: Evaluación por Corte de forraje “bajo cielo abierto” (3 casos)

III.A.2.- Producción y calidad de forraje del *Panicum coloratum* vc. *coloratum* y *P. maximum* cv. Guinea likoni, con defoliaciones periódicas en diferentes estados fenológicos, como monocultivo (Argentina) y monocultivo y asociado con *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham (Cuba), desde el macollaje hasta la senescencia de las plantas (cultivo seco por heladas o sequía).

En estos 3 ensayos se evaluó la **producción** (kg MS/ha y kg MS digestible/ha) y **calidad bromatológica** (nutricional) del *P. coloratum* cv. *coloratum* (Argentina) y *P. maximum* cv. Guinea likoni (Cuba), con defoliaciones periódicas en diferentes estados fenológicos, como monocultivo (Argentina) y monocultivo y bajo *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham (Cuba), desde el macollaje hasta la senescencia de las plantas (cultivo seco por heladas o sequía, respectivamente).

III.A.2.1.- Materiales y Métodos específicos de los ensayos

La extensión de estos 3 experimentos varió de acuerdo a las condiciones propias de cada sitio. En todos los casos, se empezó cuando las plantas reiniciaron su crecimiento (comienzos de diciembre 2013 o de junio 2014, para Argentina y Cuba respectivamente) hasta su senescencia (cultivo seco) por heladas (julio 2014) o sequía (noviembre 2014), respectivamente.

En los sitios clausurados se realizó un corte de limpieza (desmalezado o chapeado) a una altura de ± 10 cm, alrededor de 40 a 60 días previos al inicio de cada experimento (Cuba y Argentina, respectivamente). En Argentina, ese corte de homogenización o limpieza se realizó el 01/10/2013 y en Cuba el 20/04/2014. El objetivo fue sacar todo el material muerto y vivo de la campaña anterior y permitir un rebrote sano sobre el cual se hicieron todos los estudios. Posteriormente, se definieron los diferentes tratamientos.

En todos los casos el diseño experimental fue un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). Los tratamientos fueron las fechas de corte o defoliaciones, con un intervalo de 15 días uno del otro, con 6 repeticiones tratamiento⁻¹, distribuidos al azar. En ambos países, el número de tratamientos varió en función de la llegada a la madurez fisiológica (grano pastoso-duro) de cada cultivo.

A los fines de hacer una distribución espacial al azar de cada tratamiento se realizó, previamente, una tarea en gabinete. Para ello, en una cuadrícula se sortearon los diferentes tratamientos con sus repeticiones. Posteriormente, se extrapoló al terreno los sitios sorteados, instalando una **estaca** identificada con su respectiva inscripción por cada tratamiento. En cada estaca se ubicaron los marcos de 1 m² dentro de los cuales se hicieron los cortes de forraje correspondiente.

En número de tratamiento varió en los diferentes experimentos. En Argentina y Cuba tuvieron 9 y 6 tratamientos, respectivamente. En todos los casos tuvieron 6 repeticiones por tratamiento.

El Tratamiento 1 (T_1) se cortó cuando los rebrotes de las 6 repeticiones, posteriores al corte de limpieza, alcanzaron ± 40 cm de altura. La altura de corte del suelo fue a 10-15 cm. La unidad experimental fue un marco de 1 m^2 (repetición).

Los sucesivos tratamientos se cortaron cada 15 días, es decir, el T_2 se cortó a los 15 días del T_1 , el T_3 será a los 30 días del T_1 . En tanto los rebrotes de todos los tratamientos se cortaron (defoliaron) cuando las plantas alcanzaron nuevamente los ± 35 -40 cm de altura hasta finalizar el ensayo. Además, en cada tratamiento se realizaron cortes de los rebrotes cuando alcanzaron los ± 35 -40 cm de altura, variando el número de rebrotes entre tratamientos.

En los diferentes tratamientos se midieron, la **producción** y **calidad del forraje**, desde el rebrote hasta panoja con grano pastoso-duro (madurez fisiológica). Mientras que a los distintos rebrotes de cada tratamiento, se midieron estos parámetros hasta llegar a la senectud de las plantas (heladas en Argentina o sequía en Cuba). Sobre las 6 repeticiones de cada tratamiento se evaluó la **producción de forraje**. De esas 6 repeticiones se hicieron 2 pools o muestras compuestas (3 muestras/pool)/tratamiento/corte o rebrote. Los análisis de **calidad del forraje** se realizaron sobre cada muestra compuesta o pool, según el protocolo y determinaciones enunciadas en II.3.4.1 (Mediciones de parámetros nutricionales).

III.A.2.1.1 Experimento con *P. coloratum* (monocultivo) en Argentina

En Argentina el sitio experimental se instaló en el campo experimental del INTA Bordenave, para ello se seleccionó una parcela de 50 m x 50 m con *Panicum coloratum* cv. coloratum, la cual se cerró con 2 hilos de alambre eléctrico (clausura) para evitar que ingresen los animales.

La pastura fue implantada en forma convencional con sembradora de pasturas en Octubre de 2011, a una distancia de 25 cm entre líneas y con una densidad de siembra de 6 kg/ha. Durante el primer otoño de implantación de la pastura (Marzo de 2012), se realizó un corte con destino a henificación, en donde se obtuvieron 5 rollos (henos)/ ha de 500 kg cada uno. En la primavera siguiente (2012/2013) la pastura fue destinada a cosecha de semilla.

III.A.2.1.1.1 Resultados

En las Tablas 40, 41, 42, 43, 44 y 45 se presentan las mediciones fenológicas tanto en fechas fijas como la caracterización fenológica de cada tratamiento (momento del primer corte), la producción de forraje, tasa de crecimiento, de producción de MS y calidad de nutricional tanto del primer corte como promedio y total del ensayo realizadas sobre el *P. coloratum* (Mijo perenne).

Tabla 40: Algunos parámetros fenológicos del *P. coloratum* cv. *coloratum* (Mijo perenne) –campo del INTA Bordenave-

Tratamientos	Breve descripción fenológica
<u>Tratamiento 1</u> (03/12/13) ¹ (63 días) ²	Hojas color verde claro con puntas secas por efecto de la sequía y fuertes calores
<u>Tratamiento 2</u> (19/12/13) ¹ (79 días) ²	Idem
<u>Tratamiento 3</u> (03/01/14) ¹ (94 días) ²	Hojas color verde claro con un 20-30% de las hojas secas por efecto de la sequía y fuertes calores
<u>Tratamiento 4</u> (17/01/14) ¹ (108 días) ²	Hojas color verde claro con un 30-40% de las hojas secas por efecto de la sequía y fuertes calores
<u>Tratamiento 5</u> (04/02/14) ¹ (126 días) ²	Hojas color verde claro con un 40-50% de las hojas secas por efecto de la sequía y fuertes calores
<u>Tratamiento 6</u> (19/02/14) ¹ (141 días) ²	Luego de las últimas lluvias, empezaron las plantas a panojar. Hojas verde-amarillento. Altura de 70 cm (<i>escala</i> Zadoks Z 3.1 a Z4.3).
<u>Tratamiento 7</u> (07/03/14) ¹ (157 días) ²	Estado de formación de grano lechoso. Hojas color verde-amarillento. Altura 82 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 5.1 a Z6.3).
<u>Tratamiento 8</u> (20/03/14) ¹ (170 días) ²	Grano pastoso-duro (madurez fisiológica). Hojas de color amarillento verdoso. Altura de 85 cm. (<i>escala</i> Zadoks Z 7.0 a Z7.3).
<u>Tratamiento 9 (F. Ac.)</u> (07/07/14) ¹ (279 días) ²	Totalmente amarillo (x heladas). Altura de 90 cm.

1) Fecha del primer corte

2) Días entre el corte de homogenización (limpieza) al 1° corte de cada tratamiento

Tabla 41: Intervalo de días, temperaturas medias y acumuladas entre tratamientos y precipitaciones acumuladas por tratamiento (*P. coloratum* cv *coloratum*) –campo- (INTA Bordenave)

Tratamientos	Temperaturas acumuladas ¹ (TA) y promedio (TP) ¹ (°C)	Intervalo entre corte (tratamientos)				Precipitaciones acumuladas ⁴ (mm)
		Días ²	Días ³	Temperatura media ³	Temperatura Acumulada ³	
Tratamiento 1	TA: 330° TP: 11.5°	0	0	17.6°	0°	185.5
Tratamientos 2	TA: 283,4° TP: 10.9°	16	16	23.5°	376°	195.5
Tratamiento 3	TA: 1.713,6° TP: 23.8°	15	15	25°	375°	195.5
Tratamientos 4	TA: 2.422,5° TP: 25.5°	14	14	25.3°	354.2°	196.5
Tratamiento 5	TA: 2.915° TP: 26.5°	18	18	23.5°	423°	235
Tratamientos 6	TA: 3.372,8° TP: 27.2°	15	15	21.6°	324°	274.5
Tratamiento 7	TA: 3.919,8° TP: 27.8°	16	16	19.1°	305.6°	321
Tratamientos 8	TA: 4.348,9° TP: 27.7°	13	13	9.6°	124.8°	347
Tratamiento 9 (acumulado)	TA: 4.740,2° TP: 27.4°	-----	109	12.6°	1.373.4°	595.4
Promedio	TA: 2.682,9° TP: 23.1	13	24	19.8°	457°	
Desvios estándar	TA: 1416.28 TP: 6.89	5.6	22.5	5.59	419.88	

(1) Intervalo corte de homogenización o limpieza al 1° corte de cada tratamiento

(2) Intervalo en días, temperaturas medias y acumuladas entre tratamiento, sin incluir forraje acumulado.

(3) Intervalo en días entre tratamiento, incluyendo el corte del forraje acumulado.

(4) Precipitaciones acumuladas desde el corte de homogenización (01/10/2013) hasta el 1° corte de cada tratamiento

Tabla 42: Producción de MV y MS al 1° corte y total de cada tratamiento “temporada primavera-vernal 2013/14” (*P. coloratum* cv *coloratum* –Mijo perenne)–campo- (INTA Bordenave)

Tratamiento	Rebrote	Materia Verde ¹ (kg. MV/ha)	Materia Seca ¹ (kg MS/ha)	Materia Verde ² (kg. MV/ha)	Materia Seca ² (kg MS/ha)
1	3	2558,3 ^b	1201,4 ^{ab}	5184,6 ^c	2419,8 ^d
2	2	2284,1 ^{ab}	1279,1 ^{ab}	3637,3 ^b	1866,0 ^{ab}
3	3	1931,3 ^{ab}	1160,0 ^{ab}	4333,5 ^{bc}	2210,3 ^{cd}
4	2	1526,2 ^a	1005,8 ^a	3978,1 ^{bc}	1986,5 ^b
5	2	2114,3 ^{ab}	1277,6 ^{ab}	4376,9 ^{bc}	2161,6 ^c
6	2	2444,3 ^b	1328,3 ^{ab}	3773,1 ^b	1873,0 ^{ab}
7	0	3596,8 ^c	1511,3 ^b	3596,7 ^b	1511,3 ^a
8	0	4504,7 ^d	2073,5 ^c	4504,7 ^{bc}	2073,5 ^b
Acumulado	0	2596,3 ^b	1991 ^c	2596,3 ^a	1991,4 ^{ab}
Promedio	2,00	2617,4	1425,3	3997,93	2010,37
Desvío Estándar	0,52	906,9	370,09	726,95	255,97
EE (±) Significancia R ²		1.589.85 P<0,0001 0.76	479.15 P<0,0001 0.86	1.005.55 P<0,0001 0.73	559.22 P<0,0001 0.55

1) Producción de MV y MS del 1° corte de cada tratamiento 2) Producción de MV y MS total ensayo de cada tratamiento

Tabla 43: Producción total “total” de cada tratamiento “temporada primavera-vernal 2013/14” (*P. coloratum* cv *coloratum* –Mijo perenne)–campo- (INTA Bordenave)

Tratamiento	Altura ¹ (cm)	Altura ² (cm)	Días ³	Días ⁴	Tasa crecimiento ⁵ (mm/día)	Tasa crecimiento ⁶ (mm/día)	Tasa de producción de MS ⁷ (kg/día/ha)	Tasa de producción de MS ⁸ (kg/día/ha)
1	38,67 ^a	31,45 ^a	62	185	6,24 ^d	1,7 ^a	19,42 ^b	13,08 ^{ab}
2	39,75 ^a	33,37 ^a	80	141	4,97 ^c	2,37 ^b	15,99 ^{ab}	13,23 ^{ab}
3	40,83 ^a	33,11 ^a	95	202	4,30 ^b	1,64 ^a	12,21 ^{ab}	10,94 ^a
4	37,83 ^a	33,91 ^a	109	170	3,47	2,0 ^b	9,23 ^a	11,68 ^a
5	40,33 ^a	37,66 ^b	127	170	3,17 ^a	2,21 ^b	10,06 ^{ab}	12,71 ^{ab}
6	41,33 ^a	38,16 ^b	142	224	2,91 ^a	1,7 ^a	9,35 ^a	8,36 ^c
7	49,83 ^b	49,83 ^c	158	158	3,15 ^a	3,15 ^c	9,56 ^a	9,56 ^c
8	70,00 ^c	70,00 ^d	171	171	4,09 ^b	4,09 ^d	12,12 ^{ab}	12,12 ^{ab}
Acumulado	79,83 ^{cd}	79,83	280	280	2,85 ^a	2,85 ^{bc}	7,11 ^d	7,11 ^d
Promedio	48,71	45,26	136	189	3,91	2,41	11,67	11,46
Desvío Estándar	15,45	17,84	64,79	41,84	1,13	0,82	3,85	1,74

1. Altura del 1° corte de cada tratamiento. 2) Altura promedio de todos los cortes. 3) Días del corte de homogenización (01/10/2013) al 1° corte de cada tratamiento. 4) Días del corte de homogenización (01/10/2013) al último corte de cada tratamiento. 5) Tasa de crecimiento desde el corte de homogenización al 1° corte de cada tratamiento. 6) Tasa de crecimiento desde el corte de homogenización al último corte de cada tratamiento. 7) Tasa de producción de MS desde el corte de homogenización hasta 1° corte de cada tratamiento. 8) Tasa de producción de MS desde el corte de homogenización hasta el último corte de cada tratamiento.

Altura: R² 0.87 cv 10.31 efecto tratamiento P<0.0001

Tabla 44: Parámetros nutricionales y producción de MS digestible del 1° corte de cada tratamiento del *P. coloratum* cv *coloratum* (Mijo perenne) –campo- (INTA Bordenave)

Trata.	Días Del corte	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig./ha)	EM (Mcal EM/kg MS)	PB/ EM (g PB/ Mcal EM)	CNES (%)	FDN (%)	Dig. FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
1	63	46,96	8,8	60,00	721	2,16	40,74	6,4	69,0	54,30	31,61	3,78
2	79	56,00	6,6	52,00	665	1,88	35,11	6,95	70,0	50,00	34,99	4,65
3	94	60,06	6,5	44,00	510	1,59	40,9	5,5	72,0	50,00	35,72	5,86
4	108	65,90	6,3	53,40	534	1,93	32,64	5,05	72,0	50,00	34,76	4,74
5	126	60,43	8	55,90	715	2,02	39,6	5,4	68,5	55,50	30,58	4,78
6	141	54,33	6,2	57,40	770	2,07	29,95	6,3	70,0	50,00	34,74	4,20
7	157	42,02	8,4	52,00	786	1,88	44,68	7,05	69,0	51,00	34,30	4,24
8	170	46,03	7,1	43,80	912	1,58	44,94	7,8	69,0	52,00	33,18	4,36
Acu	279	76,70	5,4	29,00	577	1,05	51,43	2,85	79,5	50,5	39,27	5,19
Prom	135	53,97	7,03	49,72	687,78	1,79	39,96	6,0	71,0	51,48	33,2	4,64
Des. Es		10,84	1,13	9,51	130,66	0,34	6,69	1,45	3,44	2,07	2,50	0,61
Signif. R ² : EE (±)		P<0,05 0.75 11.2	P<0,05 0.85 2.03	P<0,001 0.9 10.5	P<0,01 0.93 205.3	P<0,001 0.9 0.98	P<0,05 0.8 5.06	P<0,05 0.93 1.01	P<0,05 0.9 6.6	P<0,05 0.85 2.02	P<0,05 0.83 5.1	P<0,05 0.9 0.1

Tabla 45: Parámetros nutricionales y producción de MS digestible “promedio de todos los cortes” de cada tratamiento (*P. coloratum* –Mijo perenne) –campo- (INTA Bordenave)

Trata.	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig./ha)	EM (Mcal EM/kg MS)	PB/ EM (g PB/ Mcal EM)	FDN (%)	Dig. FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
1	46,67	9,21	58,72	1428	2,12	43,4	68,77	54	31,64	4,17
2	51,30	7,30	55,92	1045	2,02	36,5	69,21	52	33,32	4,20
3	51,01	7,66	51,84	1149	1,84	41,7	70,00	53	32,67	4,65
4	49,94	6,72	53,39	1053	1,93	35,3	70,58	53.5	32,74	4,19
5	49,39	8,09	52,30	1124	1,89	42,6	68,66	53.6	31,58	4,74
6	49,64	7,3	49,33	918	1,78	40,5	71,04	52	33,77	4,78
7	42,02	8,38	52,0	786	1,88	44,2	68,64	51	34,30	4,24
8	46,03	7,07	43,79	912	1,58	44,4	69,38	52	33,18	4,36
Acum.	76.70	5,41	29,01	577	1,05	54	79,52	51	39,27	5,19
Prom.	48,25	7,70	51,70	1046,2	1,90	40,53	70,2	53	33,10	4,5
Desv. est.	3,15	1,08	8,76	241,03	0,31	5,39	3,44	1,07	2,3	0,36
Signif. R ² : EE (±)	P<0,05 0.85 6.2	P<0,05 0.88 1.93	P<0,01 0.88 8.5	P<0,01 0.9 185.3	P<0,01 0.89 0.26	P<0,05 0.8 5.06	P<0,05 0.9 1.01	P<0,05 0.9 4.6	P<0,05 0.85 2.82	P<0,05 0.85 0.92

III.A.2.1.1.1.1 Resumen de las temperaturas medias y acumuladas (INTA Bordenave)

En la Tabla 46 se presenta el resumen de los intervalos de días, las temperaturas medias y acumuladas entre tratamientos, promedios, de cada *Panicum* evaluado en INTA Bordenave, tanto dentro del invernadero como a campo.

Tabla 46: Resumen de los intervalos de días, temperaturas medias y acumuladas entre tratamientos

<i>Panicum</i>	Intervalo entre tratamientos			
	Días ¹	Días ²	Temperatura media ²	Temp. Acumulada ²
<i>P. coloratum</i> cv. coloratum (Mijo perenne) -Invernadero-	14 (8.6)	32 (45.15)	29° (7.1)	980.4° (717.78)
<i>P. maximum</i> cv Gatton panic -Invernadero-	14 (6.5)	21 (22.4)	27° (7.5)	653.6° (383.88)
<i>P. maximum</i> cv Guinea likoni -Invernadero-	12 (6)	16 (13.6)	22.8° (9.47)	492.3° (367.18)
<i>P. coloratum</i> cv. Verde (Mijo perenne) -Campo-	13 (5.6)	21 (22.5)	19.8° (5.59)	531.1° (419.88)

1) Intervalo de días entre tratamientos, sin incluir el corte de forraje acumulado. 2) Intervalo de días entre tratamiento, incluyendo el corte de forraje acumulado. 3) Desvíos estándar están entre paréntesis

III.A.2.1.1.1.2 Análisis de los forrajes acumulados (producción y calidad)

En las Tablas 47 y 48 se hace un análisis de los resultados productivos y nutricionales respectivamente, de los forrajes acumulados (secos por efectos de los fríos y heladas en Argentina) de los 3 *Panicum* en el ensayo en invernadero y a campo.

Tabla 47: Comportamiento productivo de los forrajes acumulados (invernadero y campo)

Forraje acumulado	Altura ¹ (cm)	Días ²	Tasa de crecimiento ³ (mm/día)	Tasa de producción de MS ⁴ (kg/día/ha)	Materia Verde ⁵ (kg. MV/ha)	Materia Seca ⁶ (kg MS/ha)
<i>Panicum coloratum</i> cv. coloratum (Mijo perenne)	93,0 ^b	295	3,15 ^a	31,65 ^a	16.480 ^a	9336 ^a
<i>Panicum maximum</i> cv. Gatton panic	119,5 ^c	295	4,05 ^b	46,19 ^b	32.960 ^b	13.625 ^b
<i>Panicum maximum</i> cv. Guinea likoni	69,3 ^a	265	3,04 ^a	46,86 ^b	27.920 ^{ab}	9.560 ^a
Mijo perenne -Campo- ⁷	79,83	279	2,85 ^c	7,11 ^c	2.596,35 ^c	1.991,4 ^c
Promedio	93,9	283,5	3,3	33	19.989,1	8.628,1
Desvío estándar	25,11	43,58	0,53	18,6	13.490,3	4.843,7
EE (±)	2.63		0.98	13.58	335.85	3.755,93
Significancia	P<0,001		P<0,01	P<0,01	P<0,0001	P<0,0001
R ²	0.97		0.97	0.97	0.84	1.0

1. Altura del forraje acumulado. 2) Días del corte de homogenización o nacimiento al corte del forraje acumulado. 3) Tasa de crecimiento desde el corte de homogenización o nacimiento hasta el corte del forraje acumulado. 4) Tasa de prod. de MS desde el corte de homogenización o nacimiento hasta el corte del forraje acumulado. 5) Tasa de crec. desde el corte de homogenización o nacimiento hasta el corte del forraje acumulado. 6) Tasa de prod. de MS desde el corte de homogenización o nacimiento hasta el corte del forraje acumulado. . EE (±) error estándar Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05)

Tabla 48: Análisis nutricional de los forrajes acumulados (invernadero y campo)

Forraje acumulado	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	MS dig./ha (kg MS dig/ha)	EM Mcal EM/kgMS	PB/EM g PB/Mcal EM	FDN (%)	Dig. FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
Mijo perenne (invernadero)	66.2 ^b	2,79 ^a	37,10 ^b	3.463,66 ^b	1,34 ^b	20,82 ^a	81,44 ^c	57,47 ^c	34,64 ^a	3,95 ^a
Gatton panic	41,4 ^a	2,94 ^a	39,80 ^b	5.422.75 ^c	1,44 ^b	20,20 ^a	74,5 ^b	36.85 ^a	37,65 ^{ab}	3,49 ^a
Guinea likoni	34,2 ^a	5,20 ^b	39,40 ^b	3.766.64 ^b	1,42 ^b	36,58 ^b	67,8 ^a	48,26 ^b	35,10 ^a	3,36 ^a
Mijo perenne (campo) ¹	76,7 ^c	5,41 ^b	29,01 ^a	577.5 ^a	1.05 ^a	54.0 ^c	79.52 ^c	51.0 ^b	39.27 ^b	5.19 ^b
Promedio	54,6	4,1	36,3	2.589,7	1,3	32,9	75,8	52,2	36,7	4,0
Desvío estándar	20,11	1,41	5,02	1.748,06	0,18	15,98	6,09	4,73	2,18	0,83
Significancia	P<0,05	P<0,05	P<0,01	P<0,001	P<0,01	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
R ² :	0.96	0.93	0.17	0.45	0.16	0.55	0.51	0.84	0.8	0.44
EE (±)	1.99	0.3	1.65	1.25	0.1	1.25	5.47	3.28	0.655	0.282

1) La baja producción de MS/ha del Mijo perenne se debió a las malas condiciones ambientales (altas temperaturas y fuerte sequía) durante el verano.

III.A.2.1.2.- Experimento con *P. maximum* cv Guinea likoni (monocultivo) en ICA y asociado con *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham en Indio Hatuey, ambos en Cuba

En Cuba se utilizó el *Panicum maximum* cv. Guinea likoni. Se instalaron en 2 sitios experimentales, uno en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), ubicado en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque sobre un monocultivo de Guinea, y el otro en la Estación Experimental de Pastos y Forraje de Indio Hatuey (asociado con *Leucaena leucocephala*).

Manejo de la Guinea. La Guinea se sembró en surcos a una distancia de 60 cm entre sí hace más de 15 años. En ambos sitios, el “corte de homogenización” se realizó entre el 1 y 5 de mayo de 2014. El material cosechado en la parcela se pesó en el mismo lugar. Se tomó una muestra (300 g) por parcela en cada corte. Durante la fase experimental no se aplicaron fertilizantes, ni se efectuaron controles de maleza.

Manejo de la Leucaena. Los árboles fueron podados en la época poco lluviosa, en forma escalonada. Este tipo de poda se planifica según el número de árboles por cuartón y el número de rotaciones que se prevé para la seca, teniendo en cuenta, además, que los árboles que se cortan en un año, no se cortan en el otro, por lo que la poda individual de cada árbol se realiza cada dos años. Mayores detalles se describen en Materiales y Métodos generales (II.2.2)

III.A.2.1.2.1- Resultados

En las Tablas 49, 50, 51 y 52 se presentan la producción de forraje por corte y durante el período del ensayo (temporada húmeda) realizadas sobre el *P. maximum* cv Guinea likoni (ICA e Indio Hatuey).

Tabla 49: Producción de forraje del 1° corte de cada tratamiento

(ICA 2014)								
Tratamiento	Altura ¹ (cm)	EE (±)	Materia Verde ² (kg MV/ha)	EE (±)	Materia Seca ² (kg MS/ha)	EE (±)	MS (%)	EE (±)
1	37,5 ^a	1.303	14.216,7 ^a	224.95	3.483,08 ^a	57.8	24,5 ^{ab}	0.556
2	51,67 ^{ab}	1.393	24.650 ^b	240.48	4.584,91 ^a	61.79	18,6 ^a	0.658
3	65,83 ^{ab}	1.649	48.133,3 ^c	284.54	11.600,13 ^b	73.12	24,1 ^{ab}	0.736
4	77,5 ^b	1.843	79.616,7 ^d	318.13	19.744,93 ^c	81.75	24,83 ^{ab}	0.52
5	90,0 ^c	2.128	80.466,7 ^d	367.34	20.140,81 ^c	94.39	35,17 ^{bc}	0.85
6	90,0 ^c	2.128	98.333,3 ^e	367.34	26.140,28 ^d	94.39	55,7 ^c	0.85
Promedio	68,75		57.569.45		14.282,36		30.48	
desvío estándar	21,24		3360,37		894,54		1,30	

1. Promedio de altura de todos los cortes

2. Producción total de MV y MS por hectárea del 1° corte de cada tratamiento

EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Tabla 50: Producción de forraje de todos los cortes por tratamiento

(ICA 2014)									
Tratamiento	Rebrote	Altura ¹ (cm)	EE (±)	Materia Verde ² (kg MV/ha)	EE (±)	Materia Seca ² (kg MS/ha)	EE (±)	MS (%)	EE (±)
1	7	46,4 ^a	1.505	115.466,7 ^{ab}	259.7	24.414,8 ^b	66.75	21,1 ^b	0.601
2	6	45,4 ^a	1.505	107.850,0 ^a	259.7	20.782,9 ^a	66.75	19,8 ^a	0.601
3	4	50,8 ^a	1.505	120.166,7 ^b	318.1	23.654,7 ^b	81.75	19,7 ^a	0.736
4	3	59,6 ^a	1.843	148.133,3 ^c	367.3	29.313,9 ^c	94.39	19,8 ^a	0.85
5	2	64,7 ^a	2.128	166.504,7 ^d	449.9	39.283,9 ^d	115.61	23,5 ^c	1.041
6	2	61,4 ^a	2.607	124.833,3 ^{ab}	449.9	27.483,8 ^{bc}	115.61	31,0 ^{bc}	1.041
Promedio	4,00	54,70		130.492,45		27.489.0		22.48	
desvío estánd.	2,10	8,26		1375,12		416,04		0,02	

1. Promedio de altura de todos los cortes

2. Producción total de MV y MS por hectárea de todos los cortes

EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Tabla 51: Producción de forraje del 1° corte de cada tratamiento (Indio Hatuey 2014)

Tratamiento	Altura ¹ (cm)	EE (±)	Materia Verde ² (kg MV/ha)	EE (±)	Materia Seca ² (kg MS/ha)	EE (±)	MS (%)	EE (±)
1	40,82 ^a	1.415	13.716,7 ^c	222.7	3.174,7 ^a	60.15	23,11 ^b	0.901
2	70,98 ^b	1.933	26.550 ^d	156.3	5.812,1 ^{bc}	55.96	21,88 ^a	0.635
3	114,59 ^c	1.326	28.410 ^d	385.6	10.745 ^e	86.23	37,8 ^c	0.478
4	136,06 ^d	1.055	8.550 ^a	177.4	4.391,5 ^b	102.4	51,4 ^d	0.983
5	138,00 ^d	1.048	7.240 ^a	356.8	4.066,5 ^b	85.64	56,2 ^d	0.475
6	142,33 ^d	1.569	10.240 ^b	238.7	6.690,1 ^c	75.63	65,3 ^e	0.289
Promedio	107,13		15.784,45		5.812,31		42,6	
desvío estándar	41,93		3360,37		916,36		1,77	
R ² :	0.97		0.84		0.84		0.58	
CV:	5.98		26.18		28.77		6.46	
Efecto trata:	***		***		***		***	
Ef. n° macollos:	P<0.03		NS		NS		NS	

1.Promedio de altura de todos los cortes 2.Producción total de MV y MS por hectárea del 1° corte de cada tratamiento. EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05)

Tabla 52: Producción de forraje de todos los cortes por tratamiento (Indio Hatuey 2014)

Tratamiento	Rebrote	Altura ¹ (cm)	EE (±)	Materia Verde ² (kg MV/ha)	EE (±)	Materia Seca ² (kg MS/ha)	EE (±)	MS (%)	EE (±)
1	6	38,08 ^a	1.089	126.896,7 ^c	206.3	26.611,9 ^b	56.9	20,97 ^a	0.856
2	5	47,42 ^b	1.568	105.416,7 ^d	358.1	22.081,2 ^b	78.4	20,95 ^a	0.475
3	3	58,63 ^{bc}	1.287	91.576,7 ^c	478.2	23.193,8 ^b	49.8	25,3 ^b	0.712
4	3	65,45 ^c	1.009	56.616,7 ^b	194.1	12.137,7 ^a	74.6	21,43 ^a	0.863
5	2	81,00 ^d	1.485	43.776,7 ^{ab}	458.4	11.911,7 ^a	89.7	27,21 ^b	0.741
6	2	78,83 ^d	1.745	36.740 ^a	205.6	11.879,9 ^a	45.9	32,3 ^c	0.856
Promedio	3.5	61,57		76.837,25		17.969,37		24,69	
desvío estándar	1.64	17,04		1417,27		2140,31		14,52	

1. Promedio de altura de todos los cortes. Producción total de MV y MS por hectárea de todos los cortes EE (±) error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05)

En el *Anexo II* se muestran los gráficos de los diferentes parámetros evaluados (producción de MV y MS, g MS/kg MV, g PB/kg MS, g FDN/kg MS, FDA/kg MS y LDA/kg MS), en función de las diferentes alturas al momento de corte de cada tratamiento y a lo largo de todo el ensayo.

En el experimento de Guinea likoni bajo *Leucaena*, se probó si el número de macollas difería significativamente entre tratamiento y solo para la variable altura dio significativo, por lo que las medias de los tratamientos están ajustadas. En el resto de las variables no dio significativa la covariable y por lo tanto las medias de los tratamientos no están ajustadas.

En las Tablas 53 y 54 se presentan los parámetros de calidad del primer corte de cada tratamiento en el ensayo de corte con Guinea likoni (ICA).

Tabla 53: Parámetros nutricionales del 1° corte de cada tratamiento del Guinea likoni en el Ensayo de corte (ICA)

Tratamientos	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
1	24.5 ^b	11.28 ^d	61.78 ^a	40.35 ^a	6.65 ^a
2	18.6 ^a	10.06 ^c	63.55 ^b	43.10 ^b	7.25 ^b
3	24.1 ^b	9.07 ^b	63.66 ^b	43.87 ^b	8.05 ^b
4	24.83 ^{bc}	8.15 ^{ab}	64.57 ^c	43.83 ^b	8.66 ^{bc}
5	35.17 ^c	7.18 ^a	65.13 ^c	45.56 ^c	9.7 ^c
6 (acumulado)	55.7 ^d	7.0 ^a	68.0 ^d	47.92 ^d	10.35 ^d
Promedio	30.48	8.79	64.45	44.1	8.44
desvío estándar	3.93	2.33	3.45	3.16	2.06
EE (±)	2.63	1.74	2.56	2.44	1.47
Significancia	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001
R ²	0.97	0.87	0.92	0.92	0.87

Letras de color rojo indican parámetros “adecuados”

Tabla 54: Parámetros nutricionales del 1° corte de cada tratamiento del Guinea likoni bajo *Leucaena leucocephala* en el Ensayo de corte (Indio Hatuey)

Tratamientos	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
1	23,11 ^b	20,43	55,73	44,41	6,52
2	21,88 ^a	16,04	58,16	48,00	6,97
3	37.8 ^c	12,62	61,85	50,38	7,26
4	51.4 ^d	10,05	62,33	52,27	7,33
5	56.2 ^d	8,97	65,67	54,09	7,44
6 (acumulado)	65.3 ^e	7,77	66.98	55,89	7,78
Promedio	42,6	12,65	60,75	50,55	7,22
desvío estándar	1,77	1,35	4,05	2,76	0,96
EE (±)	1.63	2.74	1.66	1.66	0.89
Significancia	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001	P<0,001
R ²	0.95	0.85	0.95	0.91	0.85

Con el objetivo de medir las radiaciones e intensidades lumínicas que impactaron sobre los cultivos de *Panicum* evaluados, en INTA Bordenave se realizaron mediciones con el **Termómetro infrarrojo** y **Radiómetro**. Mientras que en la EE de Pasto y Forrajes de I. Hatuey, se hizo lo propio con un **Luxómetro**.

III.A.2.1.2.1.1 Estudios con Termómetro infrarrojo y Radiómetro (Ensayo de corte en el campo e invernadero en el INTA Bordenave)

En la Tabla 55 se muestra las temperaturas del medio ambiente en las 2 fechas de muestreo. En tanto, en las Tablas 56, 57 y 58 se hace lo propio con la información obtenida del Termómetro infrarrojo para cada una de las especies cultivadas en los ensayos de corte (invernadero y campo) en INTA Bordenave.

Tabla 55: Registros térmicos obtenidos en casilla meteorológica

20/03/2014			14/05/2014		
T° min.	T° media	T° máxima	T° min.	T° media	T° máxima
8,40	18,60	28,50	11.3	15.3	19.0

Tabla 56: Mediciones con el Termómetro de infrarrojo (*P. coloratum* campo vs invernadero)

	Invernadero		Campo	
Especie	20/03/2014		20/03/2014	
MIJO	Hoja adulta	Rebrote	Hoja adulta	Rebrote
Promedio	24,2	23,0	26.3	25.3
Desvío Estándar	1,3	0,8	0.4	1.0

	Invernadero		Campo	
Especie	14/05/2014		14/05/2014	
MIJO	Hoja adulta	Rebrote	Hoja adulta	Rebrote
Promedio	14.4	14.6	13.6	13.7
Desvío Estándar	0.0	0.0	0.6	0.2

Tabla 57: Mediciones con el Termómetro de infrarrojo (*P. maximum* cv Gatton panic) en Invernad.

	Invernadero		Invernadero	
Especie	20/03/2014		14/05/2014	
GATTON	Hoja adulta	Rebrote	Hoja adulta	Rebrote
Promedio	25,6	25,6	14,3	14.4
Desvío Estándar	0,6	0,6	0.1	0.1

Tabla 58: Mediciones con el Termómetro de infrarrojo (*P. maximum* cv Guinea likoni) en Invernad.

	Invernadero		Invernadero	
Especie	20/03/2014		14/05/2014	
GUINEA	Hoja adulta	Rebrote	Hoja adulta	Rebrote
Promedio	24.0	22.2	14.5	14.6
Desvío Estándar	0.7	1.0	0.1	0.2

En ninguna de las fechas de muestreo se observaron diferencias significativas en las temperaturas obtenidas con el termómetro infrarrojo. Las menores temperaturas registradas el 14 de mayo se debieron a las menores temperaturas del ambiente propias de los meses de otoño (Argentina).

En la Tabla 59 se muestra la información obtenida del radiómetro.

Tabla 59: Estudio con Radiómetro (Ensayo de corte en Invernadero, INTA Bordenave)

Fecha muestreo/hora	Dentro de invernadero		Fuera de invernadero	
05/12/2014 (12:00 am)	1.100 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	57.895 lux	1.515 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	79.737 lux
09/01/2015 (12:10 am)	1.338 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	70.421 lux	1.843 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	97.000 lux
11/02/2015 (10:30 am)	885 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	46.580 lux	1.377 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	72.474 lux
01/03/2015 (10:30 am)	635 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	33.420 lux	1350 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	71.053 lux
Promedio	989,5 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	52.079 lux	1521,25 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	80.066 lux
Desvío estándar	300,14	15797,17	226,35	11912,76

Referencias: conversión de lux a $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$ =lux x 0.019 = $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$

III.A.2.1.2.1.2 Estudios con Luxómetro (Ensayo de corte en el Indio Hatuey)

En la Tabla 60 se presenta la información brindada por el Luxómetro, expresada en 2 unidades (lux y $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$) del ensayo de corte de Guinea bajo *Leucaena*. Para ello, se muestreó en 2 sitios diferentes (bajo *Leucaena* y sol pleno) con 10 repeticiones.

Tabla 60: Estudio con Luxómetro (Ensayo de corte en Indio Hatuey)

Fecha de la observación	Bajo <i>Leucaena</i>			
	LUX	$\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Temp. (°C)	Humedad (%)
Julio y Octubre 2014	19.966,67	379.37	30.88	74.0
Desvío estándar	8445,75	160.47	0.38	0.45

Ivan Lenin, EE Indio Hatuey, 2014

Fecha de la observación	Sol pleno			
	LUX	$\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Temp. (°C)	Humedad (%)
Julio y Octubre 2014	55.531.67	1055.1	24,35	57,37
Desvío estándar	1257.46	23.89	1.07	0.49

Ivan Lenin, EE Indio Hatuey, 2014

III.A.2.2.- Discusión de los 4 ensayos de corte

A los fines de poder hacer una discusión más pormenorizada de cada uno de los 4 ensayos de corte, considerando el comportamiento particular de los diferentes parámetros químicos y productivos evaluados, se discutirá en forma separada los diferentes temas en estudio.

III.A.2.2.1.- Efectos de los estados fenológicos y las defoliaciones sobre la evolución de los parámetros productivos y de calidad dentro de un invernadero (INTA Bordenave).

El experimento realizado en el “invernadero” del INTA Bordenave en el 2013/14, permitió conocer el potencial productivo y la calidad nutricional máxima de cada uno de los *Panicum* evaluados bajo condiciones de humedad y temperatura óptima y controlada.

Con el objetivo de poder construir las “curvas de crecimiento” y las de los “diferentes parámetros químicos” (ver Anexo I) el primer corte (muestra “0”) se hizo a los 30 días del nacimiento del Mijo perenne y Gatton panic y 50 días del de Guinea likoni. La diferencia en tiempo del 1º corte (muestra “0”) entre los *Panicum* se debió a que las semillas de los 2 primeros provenían de una cosecha realizada 3 años atrás, en cambio el Guinea fue de la campaña anterior a la siembra. Esta causa (cosecha reciente) afectó significativamente el poder y energía germinativa, atrasando el nacimiento de las mismas (Benítez et al. 2012).

Las condiciones de temperatura y humedad, dentro del invernadero, fueron las óptimas para el máximo crecimiento de los *Panicum* evaluados. Las mismas coincidieron con lo enunciado por Romero (2014) respecto al rango de temperaturas óptimas, mínimas y máximas para una especie C₄ (28-35, 12-15 y 40-45°C, respectivamente). En cuanto a los aportes hídricos fueron los estrictamente necesarios, a través de riegos oportunos, con el objetivo de mantener el suelo siempre con la humedad adecuada (capacidad de campo).

El estado fenológico de las plantas del muestreo “0” se caracterizó por una altura de 22 a 25 cm, 2 a 3 macollos/planta, 3 a 4 hojas/macollo, ± 4 mm ancho de hojas y de color verde intenso. A este momento vegetativo Zadoks et al (1974) lo definieron como estado de “pasto” (*escala Zadoks Z 0.5 a 1.0, FAO 2010*).

En este estado fenológico (muestreo “0”) todos los parámetros químicos evaluados de los 3 *Panicum* fueron excelentes (Fernández Mayer et al. 2012). Los niveles de MS fueron moderados a bajos (15 al 24%). En tanto, la PB varió entre 19 al 22%, de los cuales alrededor del 40% del total proteico correspondió a la fracción soluble, muy inferior a lo que sucede con las plantas C₃ cuyos niveles de PBS superan el 75% del total de la PB (Galli 1996).

Mientras que la DMS y EM variaron entre 70 al 82% y 2.52 al 2.97 Mcal EM/kg MS, respectivamente. La relación de estos 2 últimos parámetros (PB/EM) varió entre 65 y 73 g PB/Mcal EM, en todos los casos muy superior a los 55-58 o 48-52 g PB/Mcal EM, que requieren la recría o pre-ceba de terneros (160-200 kg/cabeza) y el engorde o ceba de vaquillonas (novillas) (>250 kg/cabeza), respectivamente (Fernández Mayer y Tomaso 2003 y NRC 2012).

Si se comparan los principales parámetros químicos de los 3 *Panicum*, el Mijo perenne fue el que mantuvo menor tiempo, posterior al nacimiento, los valores adecuados para alcanzar altas ganancias de peso (> 0.6 kg/día) (Baldelomar et al. 2008). Los parámetros del Mijo fueron adecuados hasta 95 días de nacidas las plantas, en promedio, $\pm 13.7\%$ PB, $\pm 70\%$ DMS, ± 2.52 Mcal EM/kg MS, ± 52 g PB/Mcal EM, $\pm 66\%$ FDN y $\pm 59\%$ digestibilidad de la FDN, luego cayeron drásticamente (Tabla 24). En tanto el Gatton hasta 110 días del nacimiento mostró valores adecuados para lograr una alta respuesta productiva. Sus valores fueron intermedios entre los 3 *Panicum*, siendo: $\pm 11.8\%$ PB, $\pm 71\%$ DMS, ± 2.56 Mcal EM/kg MS, ± 46 g PB/Mcal EM, $\pm 63\%$ FDN y $\pm 55\%$ dig. FDN (Tabla 31). Mientras que el Guinea fue el mejor de los tres. Mantuvo hasta 153 días después del nacimiento valores muy apropiados: 16.8%PB, $\pm 69.8\%$ DMS, ± 2.52 Mcal EM/kg MS, 65 g PB/Mcal EM, $\pm 57.6\%$ FDN y ± 55.8 dig. FDN (Tabla 38).

Por otro lado, los niveles de FDN, digestibilidad de la FDN y lignina, promedio de todos los muestreos y de los 3 *Panicum*, fueron muy adecuados, variando entre 49 al 57%, 58 al 57% y 0.68 al 2.78%, respectivamente (Fernández Mayer 2006). Los adecuados niveles de MS, PB y de las diferentes fracciones de fibra explican los altos valores de digestibilidad, de EM y la relación PB/EM alcanzada.

Todos estos parámetros fueron influenciados por las condiciones óptimas del medio ambiente (humedad, temperatura y radiación) del invernadero que favorecieron un crecimiento más rápido de los tejidos vegetativos (mayor contenido celular) y menor desarrollo de la pared celular, al reducirse la biosíntesis de lignina (Aello y Dimarco 2004 y Van Soest 2012).

En tanto, los estados fenológicos del primer corte de los T_1 y T_2 de todas las especies de *Panicum*, también, se caracterizaron por permanecer en el estado de “pasto” (*escalas* Zadoks Z 1.0 a 1.5 y 1.5 al 2.4, respectivamente, FAO 2010). Mientras que a partir del T_3 en adelante, las plantas entraron en la fase reproductiva (panojamiento y formación de grano) (escala Zadoks Z 3.1 a Z 7.3).

Cuando se analiza el comportamiento de las defoliaciones (intervalo entre corte, altura de las plantas y calidad nutricional) en cada uno de los *Panicum* evaluados surgen algunos resultados que varían dentro de un rango acotado:

1. Las defoliaciones de los T_1 y T_2 , de todos los *Panicum*, se caracterizaron por un intervalo entre corte de 25 a 35 días; estos resultados fueron consistentes con lo hallado por Fulkerson et al. (1999). Además, la altura de las plantas varió entre 30 a 42 cm con un nivel de MS entre 25 al 30%. La PB osciló entre 10 al 11.5%, que fue muy superior a lo hallado por Vanenciano y Frigerio (2003), cuyos valores variaron entre 6-9% para el mismo intervalo de defoliaciones. En tanto, la EM varió entre 2.4 a 2.5 Mcal EM/kg MS y los niveles de FDN y digestibilidad FDN entre 62 a 69% y 53 al 56%, respectivamente. Todos estos parámetros fueron muy adecuados para un forraje en las primeras etapas fenológicas (Fernández Mayer et al. 2012).
2. Mientras que el intervalo de las defoliaciones del T_3 en adelante, de todos los *Panicum*, varió entre 28 a 35 días con una altura de 40 a 55 cm. A partir del T_3 se observó una reducción de todos los parámetros químicos, producto de un avance en los estados fenológicos (madurez de las plantas), consistente con los resultados obtenidos por Ferri y Jouve (2007) y Baldelomar et al. (2008).

Debido a que hubo un comportamiento diferencial en los diferentes tratamientos de las especies evaluadas, se hará una descripción en forma separada una de otra.

III.A.2.2.1.1.- Panicum coloratum cv coloratum (Mijo perenne)

Las plantas del T₁ y T₂ tuvieron 4-5 macollos/planta, 4 a 8 hojas por macollo, 4-6 mm de ancho de hojas, de color verde-amarillento, con 2 a 4 nudos detectables y alturas entre 40 a 60 cm (Tablas 19 y 20). Las producciones de forraje de estos tratamientos variaron 2.880 a 3.680 y 10.120 a 9.980 kg MS/ha, para el primer corte y la producción total (incluye rebrotes), respectivamente (Tabla 22).

La **evolución de la producción de MS** del T₃ al T₅, tanto del primer corte como producción de MS total (con rebrotes) tuvo un comportamiento similar, reduciéndose en forma significativa a medida que avanzaba la madurez de las plantas, de 7.840 a 5.560 y 12.560 a 8.280 kg MS/ha, respectivamente (Tabla 22).

Cuando se analizan las **Tasas diarias de crecimiento** (en mm/día y kg MS/día/ha) desde el nacimiento al último corte de cada tratamiento (Tabla 23), se observa que variaron entre 1.84 a 3.49 mm/día y 54.41 al 47.86 kg MS/día/ha, desde el primer corte hasta el último corte (T₁ al T₅) incluyendo los rebrotes, respectivamente, exceptuando al forraje acumulado. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Castañares et al. 2003.

En cuanto a la **calidad nutricional** del *P. coloratum* (Mijo perenne), también, se observa un comportamiento diferencial. El muestreo “0” (25 cm de altura), como se dijo más arriba, presentó todos los parámetros excelentes, propios de una planta C₃ y en el mejor estado fenológico (pasto-encañazón).

Mientras que los T₁ y T₂ (al primer corte), si bien la mayoría de los parámetros cayeron significativamente respecto al muestreo “0”, aún así tuvieron niveles muy adecuados para obtener una buena respuesta en producción de carne (>500 g diarios) (Santini 2004).

Entre ellos se destacan: 11.16 al 8.44 % PB, 67.39 al 61.4% DMS, 2.43 al 2.22 Mcal EM/kg MS, relación de PB/EM entre 45.9 al 38.1 g PB/Mcal EM, respectivamente y niveles de FDN, digestibilidad del FDN y lignina que variaron entre, 70.5, 61.88 al 57.97 y 3.14 al 3.7 % respectivamente (Tablas 24).

Como dato significativo se destaca que a pesar de los altos niveles de FDN ($\pm 70\%$) para el primer corte del T₁ y T₂, se observaron muy adecuados valores de digestibilidad del FDN ($\pm 60\%$) y muy bajos de lignina ($< 3.7\%$). Todo ello favoreció a que los niveles de digestibilidad y energía metabolizable fueran apropiados para obtener ganancias de peso superiores a los 600 gramos diarios (Van Soest 2012 y Fernández Mayer et al. 2012).

Si se analiza a la **producción de MS digestible** de todos los cortes, se observa que a pesar de haber logrado menor producción de MS total los T₁ y T₂ que el resto, debido a que tuvieron una mayor digestibilidad de la MS las producciones, medida en kg MS total digestible por hectárea, fueron superiores (± 6.200 a 6.700 kg MS dig./ha), con excepción del T₃ que fue ligeramente mayor (7.600 kg MS dig./ha) (Tabla 25).

La propuesta de esta tesis es, justamente, aprovechar a estos forrajes tropicales (*Panicum maximum* y *P. coloratum*) en etapas fenológicas juveniles (T₁ y T₂) (escalas Zadoks Z 1.0 al 2.4, FAO 2010), buscando lograr un incremento significativo de los principales parámetros nutricionales (PB, digestibilidad de la MS, EM, relación PB/EM y kg MS digestible/ha, entre otros). En la medida que se logren estos objetivos (mayor calidad y adecuada asignación de forraje), estaría garantizada una mayor respuesta en producción de carne (Rearte 2010).

Mientras que la calidad del resto de los tratamientos (T₃ al T₅), siempre considerando el primer corte de c/u de ellos, se observó una respuesta esperable. A lo largo de los diferentes estados fenológicos, por efectos de envejecimiento de los tejidos de las plantas, la calidad nutricional se redujo significativamente: PB (7.41 al 4.45 %), DMS (58.48 al 57.97%), EM (2.11 al 2.09 Mcal EM/kg MS), relación PB/EM (35.12 al 21.28 g PB/Mcal EM) y FDN (69.88 al 67.01%), respectivamente (Tabla 24).

Este avance de la madurez estuvo acompañado con un aumento de los niveles de MS (35.61 al 56.65%) y de las alturas de las plantas (70 al 85 cm), respectivamente.

El “**manejo tradicional**” de los pastos tropicales en general, y de los *Panicum* en particular, se realiza con cultivos en avanzado estado de crecimiento y madurez con el objetivo de buscar mayor producción de forraje (kg MS/ha), sin evaluar que ello provoca una caída significativa en la calidad de estos forrajes (Juárez Lagunes et al. 2005). Todo ello, afectaría de manera muy significativa la producción de carne (Dimarco, 2004) y explica las bajas ganancias de peso (<0.400 kg/cabeza/día) que se obtienen en diferentes regiones de América Latina y el Caribe (Cornacchione et al. 2003).

Finalmente, al evaluar el comportamiento productivo y la calidad del **forraje acumulado** (tratamiento 6) (Tablas 47 y 48) que fue cortado el 7 de julio (pleno invierno para la Argentina) se observa una reducción, significativamente, de todos los valores. Las producciones de MS y MS digestible cayeron a 9.336 kg MS/ha y 3.463 kg MS dig./ha, respectivamente. La tasa de crecimiento descendió a 3.15 mm/día y 31.65 kg MS/ha/día, desde el corte de homogenización (01/10/2013) hasta el forraje acumulado. En tanto, la altura de las plantas al momento del corte como forraje acumulado fue 93 cm. Mientras que los principales parámetros de calidad en el forraje acumulado disminuyeron a: 2.79% PB, 37.1 % DMS, 1.34 Mcal EM/kg MS y se elevaron los niveles de fibra (81.5, 34.64 y 3.95% para FDN, FDA y lignina, respectivamente) (Lagomarsino et al. 2010). Las ganancias de peso que se puede esperar con este forraje acumulado, difícilmente superen las 200 g diarios (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

III.A.2.2.1.2.- Panicum maximum cv. Gatton panic

Las plantas de Gatton panic tuvieron una estructura de planta muy diferente al Mijo perenne (*P. coloratum*), incluso al *P. maximum* cv Guinea likoni originario de Cuba. Se observó una mayor cantidad de macollos por planta (llegando hasta 8-10), el doble que el Mijo y un 30% superior que el Guinea, de 9 a 10 hojas por macollo y 10-15 mm ancho de las hojas, el doble que el Mijo pero similar al Guinea. Además, las plantas superaron el 1.20m de altura en la última etapa de crecimiento como forraje acumulado (190 días de nacidos) (tablas 26 y 27).

Si bien todas las plantas del género *Panicum* son de días cortos, es decir, las plantas empiezan a diferenciar los meristemas reproductivos (inicio del proceso de floración) cuando se acorta la duración del día (horas de luz solar), el *P. coloratum* (Mijo perenne) inicia el proceso reproductivo con menos de 8h de luz y el *P. maximum* inferior a las 11.8 h (fotoperiodo crítico). Esto indica que el Mijo cumple todo el proceso reproductivo (floración y fructificación) antes que los *P. maximum* (Gatton y Guinea), aunque estos procesos fenológicos tienen una alta correlación con el ambiente (temperatura, humedad y duración del día) y cualquier variación estacional de ellos se modifican dichos procesos (Araujo 2011).

Por ello, el Mijo perenne con las mismas condiciones de temperatura, humedad y radicación (invernadero) que el resto (Gatton y Guinea) empezó su fase reproductiva (inicio del panojamiento y floración) entre 70 a 90 días del nacimiento. Mientras que el *Panicum maximum* cv Gatton panic lo hizo a partir de los 110 a 120 días y el Guinea likoni, debido a un atraso en su nacimiento (por provenir de semilla de cosecha nueva), nunca llegó a florecer. Por este último comportamiento, no existen evidencias para afirmar que la ausencia de floración del Guinea sea porque requiere una mayor duración del día ($>$ fotoperiodo), debido a que el Guinea tuvo un atraso en el nacimiento de 30 días superior al Gatton por provenir de semilla de cosecha nueva. Este último nació a los 30 días de su siembra, mientras que el Guinea lo hizo a los 60 días. Este motivo fue la principal causa que el Guinea no llegó a florecer bajo las condiciones del invernadero (Benítez et al. 2012).

Las **producciones de forraje** en los T_1 y T_2 variaron de 3.120 a 4.910 y 9.475 a 8.600 kg MS/ha, para el primer corte y la producción total (incluye los rebrotes), respectivamente. Mientras que para el resto de los tratamientos (T_3 al T_8) se observó un incremento de las producciones muy superior al registrado con el Mijo perenne, 5.500 a 12.880 y 9.076 a 13.760 kg MS/ha, para el primer corte y la producción total (con los rebrotes) (Tabla 29), similar a lo obtenido por Lagomarsino et al. (2010). Las **Tasas diarias de crecimiento** (en mm/día y kg MS/día/ha) desde el nacimiento al último corte de cada tratamiento (Tabla 30), variaron de 2.54 a 3.64 mm/día y 60.35 al 68.56 kg MS/día/ha, desde el primer corte hasta el último corte (T_1 al T_8) incluyendo los rebrotes, respectivamente, siendo valores inferiores a los obtenidos por Castañares et al. (2003).

En los T₁ y T₂ también se observaron valores muy inferiores respecto a la **calidad** obtenida en el muestreo “0”, destacándose la PB (11.5 al 9.2%), DMS (72.4 al 63.5%), 2.61 al 2.29 Mcal EM/kg MS y relación de PB/EM entre 44 al 40 g PB/Mcal EM, respectivamente. Aún así, todos estos valores fueron mejores a los obtenidos con el Mijo perenne (Tabla 31).

En tanto los niveles de FDN, digestibilidad del FDN y lignina variaron entre 65.4 a 69.2%; 59.4 a 51.0% y ± 2.7 % respectivamente, fueron ligeramente mejores que los alcanzados en el Mijo. Aquí también se destaca que a pesar de los altos niveles de FDN en el primer corte, se obtuvieron valores muy adecuados de digestibilidad del FDN ($\pm 55\%$) y muy bajos niveles de lignina ($< 2.7\%$), influyendo positivamente sobre los niveles de digestibilidad y energía metabolizable alcanzados (Van Soest 2012). Mientras que la calidad del resto de los tratamientos (T₃ al T₈), siempre considerando el primer corte de c/u de ellos, también se observó un comportamiento lógico. A medida que las plantas se fueron envejeciendo se redujo la calidad en forma significativamente: PB (8.1 al 3%), DMS (68 al 50.3%), EM (2.45 a 1.81 Mcal EM/kg MS), relación PB/EM (33 al 16.5 g PB/Mcal EM) y FDN (67.5 a 69.4%), respectivamente, incrementando los niveles de MS (de 28.8 al 38.5%) (Tabla 31).

Si se analiza a la **producción de MS digestible**, se observa un comportamiento errático entre tratamientos (Tablas 31 y 32). Si bien los T₁ y T₂ en el primer corte no se destacan en este parámetro (2.259 y 3.117,85 kg MS dig./ha, respectivamente), cuando se evalúan todos componentes nutricionales que determinan la calidad de un forraje (PB, DMS, EM, PB/EM, digestibilidad de la MS, etc.), los valores son superiores, en forma significativa, del resto de los tratamientos (Tablas 31 y 32).

En este caso, el **forraje acumulado** (T₉) fue el que alcanzó la mayor producción de MS/ha y MS digestible de los 3 *Panicum* evaluados (13.625 y 5.422.75 kg MS/ha, respectivamente). Este fenómeno se puede explicar por una diferencia en los requerimientos de fotoperiodo. Como se mencionara más arriba, el Gatton panic como el Guinea likoni empiezan a florecer con días más largos (+3h) que el Mijo perenne, esto provoca que permanezcan más tiempo creciendo y produciendo una mayor biomasa (Lagomarsino et al. 2010 y Toll Vera et al. 2014).

La tasa de crecimiento llegó a 4.05 mm/día y 46.19 kg MS/ha/día, desde el nacimiento hasta el forraje acumulado. Mientras que la altura de las plantas al momento del corte como forraje acumulado fue 119.5 cm (Tabla 47).

En tanto, la **calidad del forraje acumulado** el Gatton disminuyeron significativamente: 2.9% PB, 39.8 % DMS, 1.44 Mcal EM/kg MS y se elevaron los niveles de fibra (74.5, 37.6 y 3.49% para FDN, FDA y lignina, respectivamente) (Tabla 48). Con este tipo de forrajes, también, las ganancias de peso difícilmente superen los 200 g diarios (Dimarco 1998).

III.A.2.2.1.3.- Panicum maximum cv. Guinea likoni

Las plantas de Guinea likoni, también, mostraron una estructura de planta diferente al Mijo perenne (*P. coloratum*), incluso al *P. maximum* cv Gatton panic. Se observó una menor cantidad de macollos por planta que el Gatton (6-8) y un número similar de hojas por macollo y ancho de hoja (8 a 10 hojas y 10-15 mm, respectivamente) (Tablas 33 y 34). El parámetro que se vio más afectado, por el atraso en el nacimiento, fue el de la altura de las plantas que apenas llegaron a los 60 cm, muy por debajo de la altura que se alcanza el Guinea en Cuba, en un cultivo ya implantado y con otras condiciones del medio (fotoperiodo y suelo), el cuál supera holgadamente 1.20 m (ver ensayos de corte del ICA e Indio Hatuey –Tablas 49 y 51).

Las **producciones de forraje** en los T₁ y T₂ variaron de 3.350 a 4.625 y 7.057 a 8.797 kg MS/ha, para el primer corte y la producción total, respectivamente. Mientras que para el resto de los tratamientos (T₃ al T₈) las producciones de forraje fueron similares al registrado con el Mijo perenne, 3.760 a 9.560 y 9.120 a 9.560 kg MS/ha, para el primer corte y la producción total, con producciones muy erráticas entre tratamientos (Tabla 36).

Las **Tasas diarias de crecimiento** (en mm/día y kg MS/día/ha) desde el nacimiento al último corte de cada tratamiento (T₁ al T₈) incluyendo los rebrotes (Tabla 37), variaron de 1.84 a 3.55 mm/día y 37.31 al 47.05 kg MS/día/ha, respectivamente, siendo sus valores similares al Mijo e inferiores a los de Gatton panic.

De todos los parámetros químicos, los niveles de PB fueron los que más se destacaron del Guinea respecto a los del Mijo y Gatton.

Los niveles PB, en el 1° corte, de los T₁ y T₂ del Guinea fueron 12.5 y 15.9%, muy superiores a los 11.2 y 8.4% del Mijo y a los 11.5 y 9.2% del Gatton.

Justamente, este parámetro nutricional es clave en las plantas C₄, siendo el componente nutricional más escaso entre las planta tropicales (Aello y Dimarco 2004 y Fernández Mayer 2006) y, en especial, fue altamente significativo ($P < 0.0001$) cuando se los compara los promedios del 1° corte de todos los tratamientos, siendo 10.76, 6.04 y 4.43% para Guinea, Mijo y Gatton, respectivamente.

En tanto, con la **producción de MS digestible** en el primer corte del T₁ y T₂ se observa un fenómeno muy interesante. A pesar de haber tenido menores producciones de MS/ha que el Gatton panic, tuvo las mayores producciones de MS digestible de los 3 *Panicum* en estudio (**2.365 y 3.265 kg** vs 2.259 y 3.117 – 1.930 y 2.245 **MS dig./ha**, resp.) (Tabla 38), y eso se debió a que la digestibilidad del Guinea fue superior (70.6%, vs 64.4 y 68% del Mijo y Gatton, resp.). Esta mejor calidad en el primer corte de T₁ y T₂ del Guinea se mantuvo en el resto de los tratamientos, ya que la digestibilidad promedio alcanzó 61%, respecto a 56.37 y 58% del Mijo y Gatton, respectivamente (Tablas 24, 31 y 38). Esta situación, también, se mantuvo cuando se analizan los resultados de todos los cortes ($\pm 60\%$) (Tabla 39).

En resumen, si analizamos los resultados obtenidos en producción de MS digestible, de la digestibilidad de la MS y de PB del Guinea se llega a la conclusión que este último tuvo los mejores valores de los 3 *Panicum* en estudio.

En tanto los niveles de FDN (promedio), en el 1° corte, de los T₁ y T₂ del Guinea fueron mejores al resto (55.1 vs 67.3 y 70.5% para Guinea, Gatton y Mijo, respectivamente). Mientras que la digestibilidad del FDN y los niveles de Lignina fueron ligeramente inferiores al resto (49 vs 55.2 y 60% digestibilidad del FDN respectivamente y 3.62 vs 2.7 y 3.42% de LDA respectivamente). En todos los casos y comparándolos con otras plantas C₄, los valores recién mencionados son muy adecuados, explicando los muy buenos niveles de digestibilidad y energía metabolizable alcanzados (Van Soest 2012).

En la **calidad del forraje acumulado** el Guinea se destacan los niveles de PB (5.2 vs 2.79 y 2.94% para Guinea, Mijo y Gatton, respectivamente), siendo similares el resto de los parámetros químicos (Tabla 48).

Mientras que la **producción del acumulado de Guinea** fue intermedio entre el Gatton y el Mijo, (9.560 vs 13.625 y 9.336, respectivamente) (Tabla 48). El acumulado del Guinea no pudo expresar su máximo potencial por el motivo detallado más arriba (atraso en el nacimiento por semilla nueva). La tasa de crecimiento alcanzó los 3.04 mm/día y 46.86 kg MS/ha/día, desde el nacimiento hasta el último corte. Estos valores, también resultaron intermedios con los otros 2 *Panicum* en estudio. En tanto, la altura del Guinea como forraje acumulado fue el que tuvo la menor altura 69.3 cm (Tabla 47). Una explicación de este comportamiento se puede buscar en el atraso en el nacimiento (por partir de semilla de cosecha del año anterior a la siembra y por ende, se demoró en el nacimiento), todo esto produjo plantas de menor altura y desarrollo (no llegaron a la madurez fisiológica).

III.A.2.2.1.4 Panicum coloratum (Mijo perenne del campo)

A diferencia de los materiales discutidos en los puntos anteriores que estuvieron sembrados en macetas dentro de un invernadero (2013), el *P. coloratum* (Mijo perenne) en cuestión estuvo implantado en el campo en la EEA INTA Bordenave desde octubre 2011.

En este ensayo se evaluó el comportamiento de los rebrotes (producción y calidad) bajo condiciones ambientales muy extremas (sequía y altas temperaturas), registrándose en 5 meses de fin de la primavera y verano (noviembre 2013 a marzo 2014) una temperatura promedio de 37°C alcanzando en diciembre y enero 40 y 41°C, respectivamente y 347 mm de precipitaciones acumuladas en ese período estival (hemisferio sur) (Tablas 13 y 41).

Estas condiciones ambientales extremas afectaron negativamente y en forma significativa, tanto la producción de MS de cada rebrote y de todos los cortes como la calidad de los mismos.

Estos efectos se observaron en el desarrollo de las plantas (90 cm de altura, 107 días en llegar a la madurez fisiológica y un alto porcentaje de hojas muertas -30 al 50%-) muy diferente a la media de la región de los últimos 10 años (120 cm altura y 75 días a madurez fisiológica con escasas a nulas hojas muertas) (Petruzzi et al. 2003).

Además, la producción de MS por hectárea, promedio del 1° corte y de todos los cortes (rebrotos), alcanzó 1.425,3 y 2.010,4 kg MS/ha, respectivamente. Estas producciones fueron entre el 30 al 40% de los niveles medios del sudoeste de Buenos Aires y La Pampa (Argentina), que llegaron a 3.200 y 6.500 kg MS/ha respectivamente (Petruzzi et al. 2003).

En cuanto a las **Tasas diarias de crecimiento** desde el corte de homogenización (01/10/2013) al último corte de cada tratamiento (Tabla 43), se observa que variaron entre 1.7 a 4.09 mm/día y 13.08 al 12.12 kg MS/día/ha, desde T₁ y T₈, siendo valores inferiores a los obtenidos por Castañares et al. 2003.

En cuanto a la **calidad nutricional** registrada con el *P. coloratum* (Mijo perenne), también, se observa un comportamiento diferencial a lo largo de todos los tratamientos. Debido a las malas condiciones ambientales imperantes durante el ensayo ni siquiera el primer tratamiento, cortado a los ± 35 -40 cm de altura, tuvo una calidad adecuada para superar las 350 g/cabeza/día de ganancia (Dimarco y Aello 2004). Entre ellos se destaca 8.8% PB, 60% de digestibilidad de la MS, 2.16 Mcal EM/kg MS, 69% de FDN y 40.7 g PB/Mcal EM (Tabla 44).

Mientras que si analizamos la evolución de los parámetros nutricionales del 1° corte (tratamiento) de todo el ensayo (T₁ y T₈), los valores fueron totalmente insuficiente, aún, para sostener ganancias de peso moderadas a bajas (350 a 500 g/cabeza/día), sin el agregado de un concentrado proteico (Santini 2004 y Fernández Mayer et al. 2012): 8.8 al 7.1% PB, 60 al 43.8% DMS, 2.16 al 1.58 Mcal EM/kg MS y niveles de FDN, digestibilidad del FDN y lignina que variaron entre, 70.5-72, 50-55 y 3.78-4.36 %, respectivamente (Tabla 44).

En tanto, la **producción de MS digestible** obtenida en el primer corte de cada tratamiento y en la sumas de todos los cortes/tratamiento fue muy baja (721 a 912 kg y 1.428 a 912 MS digestible/ha) (Tablas 44 y 45). Otro parámetro que muestra los efectos de las condiciones ambientales adversas fue la altura que las plantas tuvieron al 1° corte de cada tratamiento, que varió entre 38.67 a 79.83 cm.

Al evaluar el comportamiento productivo y la calidad del **forraje acumulado** (T₉) (Tablas 47 y 48), cortado el 7 de julio, se observa una reducción, significativamente, de todos los valores. Las producciones de MS y MS digestible fueron las más bajas de ambos ensayos (invernadero y campo), 1.991,4 kg MS/ha y 577,5 kg MS dig./ha, respectivamente.

La tasa de crecimiento descendió a 2.85 mm/día y 7.11 kgMS/ha/día, desde el corte de homogenización (01/10/2013) hasta el forraje acumulado. En tanto, la altura de las plantas al momento del corte como forraje acumulado fue de 80 cm.

La calidad, también, disminuyó comparado con los otros tratamientos del mismo ensayo a: 5.41% PB, 29.01% DMS, 1.05 Mcal EM/kg MS y se elevaron los niveles de fibra (79.5, 39.2 y 5.19% para FDN, FDA y lignina, respectivamente). La explicación de los bajos valores de ambos indicadores (producción y calidad) es la misma que se mencionó anteriormente, todo fue consecuencia de las malas condiciones ambientales que hubo durante el ensayo. Con la calidad de este forraje acumulado las expectativas de ganancias de peso son muy bajas, no superior a las 200 g diarios (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

III.A.2.2.2.- Efectos de los estados fenológicos sobre la evolución de los parámetros productivos y de calidad en los ensayos de corte a pleno sol (ICA) y bajo Leucaena (Indio Hatuey) del Guinea likoni (Cuba)

El *P. maximum* cv Guinea likoni es una especie tolerante a la sombra. Esta especie tiene una relación hoja:tallo de 80:20% MS (promedio), lo cual les permite una mejor calidad y acceso por parte de los animales (Ruiz y Febles, 2005).

La producción de MS del primer corte y del total de los muestreos fue significativamente mayor ($P < 0.001$) en el ensayo *a pleno sol* (ICA) que *bajo Leucaena* (Indio Hatuey), 14.282 y 27.489 vs 5.812 y 17.969 kg MS/ha, respectivamente. Obispo et al. 2012, utilizando *P. maximum* observaron que las mayores producciones de MS se obtuvieron, también, con niveles “bajos de sombra o a pleno sol”, alrededor de ± 14.000 kg/ha. Mientras que, con niveles medianos y altos de sombra la producción fue inferior a 10.000 kg/ha ($P < 0,05$). Ambas producciones fueron similares a las obtenidas en esta tesis.

Estos autores atribuyeron ese comportamiento a la menor cantidad de radiación incidente sobre la gramínea (en esta tesis las intensidades lumínicas fueron 20.000 vs 55.500 lux, para el Guinea *bajo sombra* y *a sol pleno*, respectivamente), lo que repercute en una menor actividad fotosintética.

Además, en nuestro caso el Guinea *bajo sombra*, tuvo una menor densidad ya que compartía el terreno con la *Leucaena*, que estaba implantada cada 18 m² (6 m entre hileras y 3 m entre plantas).

En general, las pasturas como el pasto Guinea con ciclo fotosintético tipo C₄, alcanza su máxima producción de MS con altos niveles de intensidad lumínica (Obispo et al 2008).

Buxton y Fales (1994) encontraron que en las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra cambia la composición química de los forrajes y, en especial, sus componentes celulares, aunque las respuestas son variables según la especie.

Cuando se comparan los resultados obtenidos en el ICA con los de Indio Hatuey, se observa una mejora significativa en los diferentes parámetros evaluados en favor del Guinea bajo *Leucaena* (IH). Producto de mejores condiciones del ambiente generado por estos árboles se observó un crecimiento más rápido y con mayor desarrollo de los rebrotes (107.1 a 68 cm de altura, respectivamente), se llegó a la madurez fisiológica (grano lechoso-pastoso) 40 días antes y tuvo mayores niveles de MS que *a pleno sol* (42.6 vs 30.48% MS, para el primer corte y 24.69 vs 22.48% MS para el total de cortes respectivamente).

Este comportamiento pudo deberse a factores inherentes al ambiente (suelo, temperaturas y precipitaciones), ya que en Indio Hatuey (*bajo Leucaena*) se registraron mayores temperaturas y precipitaciones (+5% y +13%, respectivamente) que en el ICA (*pleno sol*) y a la mayor fertilidad nitrogenada generada por la *Leucaena* (Hernández et al, 2001). Además, las plantas *bajo sombra*, al recibir menor intensidad lumínica, elevan su altura buscando captar mayores radiaciones solares para cumplir con sus requerimientos fisiológicos de la fotosíntesis (Hernández-Gil 2014).

Además, ese mayor crecimiento del Guinea bajo sombra favoreció un menor depósito de pared celular y de lignina, mejorando significativamente los niveles promedio de Proteína bruta (12,65 vs 8,79%, respectivamente) (Van Soest, 2014). En los primeros 3 tratamientos, por efecto de la mayor fertilidad nitrogenada generada por la *Leucaena* (Hernández et al, 2001), todos los parámetros nutricionales fueron significativamente mejores respecto al monocultivo, entre ellos se destacan los niveles proteicos 16,36 vs 10.14%, los de FDN 58.58 vs 63% y la LDA 6.92 vs 7.31%, respectivamente.

En diferentes trabajos realizados con Guinea se observó que el contenido de N en *P. maximum* disminuyó a medida que aumentó la intensidad de luz natural y que la acumulación de N en esta especie mejoró significativamente bajo la sombra (60 y 40 % de luz solar total). La sombra incrementa la absorción de N en la planta al mejorar la mineralización de este en el suelo (Pentón, G, 2000). Ello puede explicarse por el hecho de que en condiciones de baja intensidad de luz, el nitrógeno soluble total se incrementa, debido inicialmente a la acumulación de nitratos en las hojas, aun sin fertilización nitrogenada (Pentón y Blanco 1997).

Paciullo *et al.* (2007), encontraron incrementos en la digestibilidad de las plantas con los mayores niveles de sombra, por menores niveles de pared celular (FDN y FDA) y una mejora significativa en los contenidos de PB, con manifiesto incremento de la degradabilidad de los mismos. Similares resultados fueron encontrados por Alonso y Flebes (2003), quienes evaluaron el impacto de la sombra de *Leucaena leucocephala* sobre el Guinea likoni.

En correspondencia con lo enunciado en el párrafo anterior, Obispo et al (2008) encontraron un incremento en los niveles de FDN y FDA al aumentar la intensidad lumínica particularmente los compuestos polifenólicos. Estos valores oscilaron entre 69,9 a 76,6 y 33,9 a 42,6 para FDN y FDA, respectivamente.

Sin embargo, largos periodos de oscuridad “cerrada” reducen la calidad del forraje porque parte de los nutrientes son movilizados, pero ninguno de ellos es producido. Las plantas bajo sombra prolongada poseen menos cloroplastos, menos componentes de la cadena transportadora de electrones, menos Rubisco (Ribulosa 1,5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa) y menos nitrógeno por unidad de área. Esto, en conjunto con otros factores morfológicos y fisiológicos, reduce la capacidad de carboxilación y de transporte de electrones, lo que limita la capacidad fotosintética de estas plantas (Lambers *et al.*, 1998).

III.A.2.2.3 Algunos Factores ambientales y de manejo que explican, parcialmente, la respuesta productiva y la calidad nutricional de los 4 Ensayos de Corte.

Con la finalidad de hacer un abordaje general de la influencia que tienen algunos los factores ambientales y de manejo evaluados en esta tesis sobre los diferentes componentes que determinan la calidad nutricional de un forraje tropical, se analizará a continuación a c/u de ellos y se los vinculará con el comportamiento ocurrido en los 4 ensayos de Corte.

III.A.2.2.3.1 Efectos de la latitud, longitud del día y la temperatura (ambiente y de las hojas) sobre la calidad de las plantas

La **tasa de digestibilidad** está relacionada con la latitud, longitud del día y las temperaturas. Esta, muestra una relación inversa con la temperatura del medio ambiente y la longitud del día (Aello y Dimarco 2004).

La digestibilidad máxima en pasturas templadas muestra pocos cambios con respecto a latitud porque una vez que finaliza el periodo de heladas o bajas temperaturas ($<10^{\circ}\text{C}$), se inicia un periodo de crecimiento continuo (primavero-estival) (Dimarco y Aello, 2004).

En tanto, los forrajes tropicales reducen su digestibilidad en latitudes inferiores a los 30-38 grados por efecto combinado de altas temperaturas y escasas de precipitaciones (Van Soest 2014). El ICA e Indio Hatuey están ubicados a 22.52° y 22.48° latitud norte, respectivamente).

La temperatura tiene efectos dominantes en latitudes tropicales y en regiones templadas con clima continental. Mientras que la longitud del día tendrá mayor efecto en altas latitudes y en regiones templadas con clima marítimo (Salisbury et al. 1994).

Las temperaturas óptimas, a nivel de hoja, para un eficiente proceso de fotosíntesis se suelen situar entre 25 y 35°C. A partir de 30 °C se observa una inhibición progresiva de la actividad enzimática, aumento de la fotorrespiración y de la respiración oscura o el cierre estomático, que se agrava aún más en presencia de un déficit hídrico. Todo esto afecta la fotosíntesis que disminuye rápidamente (Lissarrague et al. 2014).

El proceso de la fotosíntesis depende de la temperatura de la hoja dado que la cinética de las enzimas que catalizan las reacciones está estrechamente ligada a este factor (García 2014). La tasa de transporte de electrones alcanza un máximo a los 30° de temperatura y, por encima de esta temperatura, decae significativamente.

El proceso de fotosíntesis es mucho más rápido que la respiración. Durante los días calurosos la tasa de crecimiento (g MS/día) es mayor influenciado, también, por la intensidad de la luz. En este balance entre fotosíntesis: respiración (síntesis y destrucción de glucósidos solubles) predomina la primera. Por ende, el resultado neto será positivo, es decir, a más temperatura mayor crecimiento (Baldelomar et al. 2008).

En el ensayo de corte dentro del invernadero (Argentina), con excepción de los meses de diciembre 2013 y enero 2014 que varios días las temperaturas superaron los 40°C, el resto de los meses tanto las temperaturas como la intensidad lumínica estuvieron dentro de los rangos óptimos para lograr la máxima fotosíntesis.

En cuanto al umbral mínimo, el punto de compensación inferior de la temperatura varía entre 0 y 6°C, es decir, por debajo de estas temperaturas la fotosíntesis neta es nula.

El óptimo de temperatura depende en gran medida del régimen de temperaturas en el que se ha desarrollado la hoja, pues existe una aclimatación de la hoja. Esta aclimatación es la manifestación de modificaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas (Lissarrague et al. 2014).

El aumento de la temperatura, especialmente la nocturna, altera todos los procesos de biosíntesis y enzimáticos, reduciendo los niveles de azúcares solubles y elevando los de lignina, la cual provoca una fuerte caída de la digestibilidad de la materia orgánica y con ella, de la calidad nutricional de la planta (Del Pozo, 2002 y Van Soest, 2012).

En estas condiciones los productos generados en la fotosíntesis, son rápidamente convertidos en componentes estructurales, reduciéndose la síntesis de nitratos, proteínas, la fracción soluble de esas proteínas, carbohidratos solubles e incrementa los componentes de la estructura de la pared celular, en especial la celulosa y lignina (Bernal y Espinosa 2003 y Van Soest, 2012).

En general, estas condiciones ambientales determinan que la digestibilidad de las especies tropicales (C_4) sea un 10-15% inferior a las especies templadas (C_3) (Gagliostro y Gaggiotti 2002).

El trópico se caracteriza por tener noches templadas-cálidas ($18-25^{\circ}\text{C}$) a lo largo de todo el año que promueven un aumento de la respiración, y con ella se produce una mayor pérdida de azúcares solubles, en especial, se reduce la acumulación de fructosanos (Bernal y Espinosa 2003). Este fenómeno biológico es una de las explicaciones porque los niveles de los CNES obtenidos con los *Panicum* en estudio (C_4) fueron muy bajos ($<10\%$ MS) respecto a plantas C_3 (templadas) ($15-25\%$ MS) (Fernández Mayer 2006). Este es otro condicionante que afecta la calidad de los forrajes tropicales respecto a la de las plantas de clima templado-frío.

La temperatura de las hojas, expuestas al sol, se eleva al absorber radiación solar pero también desciende un poco por convección gracias al viento y la transpiración. Su temperatura puede superar entre 1 a 7°C a la ambiental. Mientras que las hojas interiores la temperatura puede ser 2 a 4°C menor a la anterior, ya que no absorben calor del sol y mantienen cierto grado de transpiración (Lissarrague et al. 2014).

En esta tesis, la temperatura a nivel de hojas, medidas con termómetro infrarrojo, osciló entre 14 a 26°C, para todos los *Panicum*, en marzo (fin del verano) y mayo (otoño) en Argentina, respectivamente y no se encontraron diferencias significativas entre las hojas adultas y los rebrotes.

Los días en el trópico son más cortos durante todo el año, en comparación con la duración del día en la región templada. Los forrajes tropicales se consideran plantas de días cortos, es decir, florecen cuando la duración del día es de 12 h. El Guinea (*P. maximum*) florece mejor alrededor de los 5° latitud norte o sur (Bernal y Espinosa 2003).

III.A.2.2.3.2 Efectos de la Intensidad lumínica y Radiación solar

La intensidad lumínica (lux) y su correlación con la radiación solar ($\mu\text{moles}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$), en ambos países, tuvieron un comportamiento diferencial. El *Panicum maximum cv Guinea likoni* en Cuba “bajo *Leucaena*” (sombreado) recibió menor intensidad lumínica (20.000 lux ó $380 \mu\text{moles}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$) que *a pleno sol* (55.500 lux ó $1.055 \mu\text{moles}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$) (Tabla 60).

En ambos casos estuvieron muy lejos de los niveles de saturación lumínica (75.000 lux o $1.425 \mu\text{moles}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$) para verse afectada la fotosíntesis (Del Pozo, 2002 y Romero, 2014). Mientras que en Argentina sucedió un fenómeno muy interesante. La intensidad lumínica (radiaciones solares) alcanzó valores más elevados que Cuba ($989,5 \mu\text{moles}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$ o 52.079 lux) y ($1.521,26 \mu\text{moles}/\text{m}^2\cdot\text{seg}$ o 80.066 lux) dentro y fuera de invernadero, respectivamente. En este caso, los niveles *a pleno sol* superaron ligeramente los valores máximos recomendables para una planta C_4 (saturación lumínica).

La explicación de las diferentes intensidades lumínicas o radiaciones, entre ambos países, se debe buscar en la ubicación geográfica (latitud) de los sitios experimentales (García, 2014). Las mayores radiaciones y alturas al mar de la Argentina provocan, además, un aumento de las temperaturas máximas (en casilla meteorológica) de 41.0 respecto a 33.7°C de Cuba.

III.A.2.2.3.3 Efectos de la intensidad de corte (defoliaciones)

Ricci et al. 1999 no encontraron diferencias significativas en producción de MS/ha cuando evaluaron 3 frecuencias de corte (30, 45 y 60 días) con *P. maximum* cv Gatton panic. En este trabajo la producción media (3.500 kg MS/ha) fue muy inferior a la producción obtenida en INTA Bordenave bajo invernadero (11.300 kg/ha).

Al aumentar la madurez de las células la proporción de los componentes de la pared celular de los pastos (celulosa, hemicelulosa y lignina) aumenta, mientras la proporción de contenido celular disminuye (Bruinenberg *et al.*, 2000 y Barahona Rosales y Sánchez Pinzón 2005).

Si bien las defoliaciones frecuentes e intensas provocan una reducción en la producción de materia seca, producto de la movilización de los carbohidratos (reservas) de las raíces para emitir nuevas hojas y restaurar su capacidad fotosintética (Parson y Penning 1988 y Romero y Mattera 2012), dado que el corte reduce los tejidos lignificados, el efecto de la defoliación sobre la calidad del forraje es siempre positivo y muy significativo respecto al mismo forraje con mayor desarrollo y altura de planta (Van Soest 2012).

La calidad del forraje de las plantas C₄ (por ejemplo el Guinea), producto de defoliaciones oportunas e intensas y otras pautas de manejo, permitirá mejorar los niveles productivos (carne y leche), aún, con forrajes tropicales que tienen facilidad de incrementar los niveles de fibra (FDN, FDA y LDA) y reducir los niveles de digestibilidad (menor PB y CNES) (Van Soest 2014).

III. B ENSAYOS CON ANIMALES (Cuba y Argentina)

III.B.- Producción de carne de vaquillonas (novillas) de reposición en pastoreo directo del *Panicum coloratum* cv. Coloratum (*Mijo perenne*) y *P. maximum* cv. Guinea likoni, con o sin agregado de concentrados proteicos, en bajas proporciones, en las diferentes estaciones climáticas o estados fenológicos.

En los países tropicales y subtropicales la producción de carne y leche se sustenta, básicamente, con gramíneas C₄ acompañadas con leguminosas típicas de zonas cálidas (forrajeras, arbustivas y arbóreas).

Estos forrajes frescos, especialmente las gramíneas, están expuestos a las condiciones ambientales estresantes, propias de esas regiones: altas temperaturas, radiación y humedad que alteran los diferentes parámetros químicos (niveles moderados a bajos de proteína bruta, digestibilidad, carbohidratos solubles y almidón y moderados a altos de FDN, FDA y lignina) (Del Pozo 2004 y Van Soest 2012).

Todo esto afecta significativamente los indicadores productivos y económicos de los sistemas ganaderos (Rearte 2010).

En general, los pastos tropicales (C_4) son utilizados bajo 2 formas diferentes: para corte o en pastoreo directo. El **manejo tradicional** (MT) de estos forrajes, tanto en pastoreo directo como para corte se compone de 3 principios básicos:

- a) No se elimina, con desmalezadora o chapeadora, el material viejo del ciclo vegetativo anterior (época de sequía o fríos con heladas).
- b) Se empieza a pastorear o cortar con máquinas cuando las plantas alcanzan más de 1.20 m de altura y en muchos casos se cortan con 3 a 4 m, como ocurre con el *Pennisetum purpureum* (King grass, pasto elefante o CT115), entre otros.
- c) No se hacen, normalmente, “pastoreos intensivos” (3-7 días de intervalo) con cerca eléctricas y desmalezadas o chapeadas oportunas ni tampoco “cortes intensivos o periódicos” cuando se emplea pastoreo mecánico.

Con este MT las plantas tropicales (C_4) tienen los parámetros energéticos-proteicos muy desbalanceados. En estas condiciones, la calidad del forraje no es adecuada para alcanzar altas producciones de carne o leche (>0.500 kg de carne/animal/día o > 12 litros de leche/vaca/día, respectivamente).

Como se mencionara al comienzo del documento, esta tesis explora “nuevas alternativas de manejo” junto con un nivel apropiado de concentrado proteico de acuerdo a la categoría de animal que se disponga.

A partir de estos antecedentes se planificaron 2 experimentos, uno en Cuba y otro en Argentina, para evaluar al **manejo tradicional** (MT) respecto al **manejo mejorado** (MM).

El objetivo principal del MM es promover rebrotes sanos y de calidad (mayor digestibilidad y proteína y menores niveles de fibra y lignina) y transformar ese forraje, de la mejor calidad y cantidad posible, en carne. Por ello, el MM busca incrementar los niveles productivos y mejorar el resultado económico (menor costo de producción) de los sistemas ganaderos de carne bovina, utilizando un manejo más intensivo del forraje y suplementación proteica adicional y estratégica.

Las pautas o principios que caracterizan el **manejo mejorado** (MM) se compone de 4 puntos diferenciales:

1°) *corte de limpieza*, 45 a 60 días previo al inicio de la próxima época de pastoreo (temporada húmeda o la primavera-verano, según el hemisferio). La finalidad de este corte de limpieza es para extraer el material viejo que quedó remanente de la campaña anterior. Este corte se puede realizar, también, con los dientes de los animales, especialmente si son vacas o toros. El objetivo es promover un rebrote sano y de alta calidad.

2°) *pastoreos intensivos* (cambios cada 3 a 7 días por parcela –máximo-) con alta carga animal (ajustada a la producción forrajera y categoría de los animales), cuyo rango de aprovechamiento (altura de pastoreo) debe variar entre los 0.4 a 1.0 m de altura (medido estirando las hojas superiores). El objetivo es que los animales coman un forraje de mayor calidad (alta PB y digestibilidad y bajos niveles de fibra) que caracteriza al pasto dentro de ese rango o altura de pastoreo.

3°) *desmalezadas o chapeadas oportunas*, para uniformar el rastrojo que haya quedado después del pastoreo cuando queda muy desperejo. O bien cuando por un motivo u otro no se pueda comer el pasto con la altura adecuada, ya sea por un exceso de volumen o baja carga animal, en este caso se puede destinar ese forraje para hacer algún tipo de reserva forrajera.

El objetivo, en todos los casos, es eliminar los rastrojos o residuos de menor calidad (fibroso) o evitar que las plantas pierdan calidad cuando supera el 1.0 m de altura, de esa forma se promoverá un nuevo rebrote con mayores niveles de proteína y digestibilidad.

4°) **Concentrado proteico adicional**, en bajas proporciones (0.5 al 1%PV), cuando se busquen altas ganancias de peso (>800 gramos diarios). La decisión de utilizar o no un concentrado proteico estará, también, en función de la categoría de los animales en cuestión y a los costos de los concentrados.

En ambos ensayos se evaluaron 2 fuentes diferentes de suplementación proteica y en bajas proporciones, buscando aportar entre 700 a 800 gramos de proteína bruta/animal/ día. En Cuba se usó el Expeller o torta de Soya (0.5% del PV) + ración base (0.5% del PV) y en Argentina la Raicilla o Pellets de Cebada (1% PV).

III.B.1 Materiales y métodos específicos a ambos ensayos

III.B.1.1 Mediciones en los experimentos con animales (Cuba y Argentina)

En Argentina se utilizaron 7 vaquillonas (novillas) de raza Angus (británica) y en Cuba 10 de raza Siboney (5/8 Holstein + 3/8 Cebú). La diferencia del número de animales se debió a las muy distintas producciones de los *Panicum* en cada país.

Las mediciones realizadas fueron:

- **Oferta de forraje** (kg MS/ha): La oferta de forraje se determinó por corte, cada 30 días, desde el momento que ingresaron los animales al ensayo hasta la finalización del mismo. Para ello se arrojaron al azar 10 marcos de 1 m² c/u por tratamiento⁻¹, el mismo día de la pesada de los animales, siguiendo una transecta en la franja de pastoreo previo al ingreso de los animales. Para no afectar la disponibilidad de pasto en la parcela siguiente al que estuvieron los animales, se cortó con cuchillo a 10 cm de altura del suelo en una franja ubicada más adelante. El pasto obtenido tal cual (fresco) se pesó en el mismo sitio experimental. Este dato representó la “oferta de forraje” medido en kg MV/ha/tratamiento/muestreo.

Se tomó una porción de pasto (± 200 gramos de MV/repetición) y se lo secó en estufa a 60°C hasta peso constante para determinar el porcentaje de MS. De esta forma se obtuvo la “oferta de forraje” pero medido en kg MS/ha/tratamiento/muestreo.

- **Forraje “rechazado”:** Se empleó la misma metodología que el punto anterior, tratando de medir en el mismo día la “oferta” en una parcela nueva y el “forraje rechazado” en la última parcela pastoreada. Para ello, se cortó el forraje a una altura de 10 cm del suelo en los 10 marcos arrojados al azar siguiendo una transecta. El cuál se pesó en el mismo sitio y luego se llevó al laboratorio para hacer MS. De esa forma, se obtuvo el dato de los kg MS/ha/tratamiento/muestreo del forraje rechazado por los animales, aplicando la fórmula citada anteriormente.
- **Consumo de forraje por animal (CMS):** Por diferencia entre oferta y rechazo (kg MS/ha) multiplicado por la superficie asignada por animal y por día y el resultado dividido por los metros cuadrados que tiene una hectárea. El resultado se expresó en kg MS/cabeza/día.

$$CMS = \frac{(\text{Oferta kg MS/ha} - \text{Rechazado kg MS/ha}) \times \text{Superficie asignada (m}^2\text{/cab/día)}}{10.000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}}$$

- **Asignación de forraje y manejo del pasto:** La superficie asignada a cada animal fue en función de sus requerimientos y la disponibilidad de pasto. Se expresó en kg. MS cada 100 kg. PV/día. Y el manejo del pasto se realizó con cerca eléctrica con cambios cada 5 a 6 días.
- **Eficiencia de conversión (E_{Cv}):** Es el cociente entre el consumo diario de MS y la ganancia diaria de peso, media, expresados en kg de alimentos/kg producido.
- **Producción de forraje digestible y aprovechable y concentración energética:** Con la información de consumo y calidad del pasto consumido se estableció la producción de forraje digestible y aprovechable, medido en (kg MS/digestible aprovechable/ha y la concentración energética de la MS -Mcal EM/kg MS- en los diferentes períodos evaluados).

- **Ganancia diaria de peso (GDP):** Se pesaron los animales, a través de una báscula electrónica individual, con un intervalo de ± 30 días.
- **Producción de carne (PC):** Se expresó como los kilogramos producidos por hectárea durante el experimento. La *PC* surge de la siguiente ecuación:

$$PC = \text{carga animal (cab. ha}^{-1}) \times GDP \text{ (kg. cab.}^{-1}\text{día}^{-1}) \times \text{duración del ensayo (días)}$$

II.B.1.2 Análisis económico

En todos los ensayos se determinaron los **Costos directos de Producción (CP)**, es decir, los Costos directos, exclusivamente, debido a que los costos indirectos (capital animal, capital tierra, mantenimiento, amortizaciones, etc.) son propios de cada Empresa Ganadera y no permite comparar tecnologías entre sí.

Los valores utilizados fueron:

- **Implantación del *Panicum maximum* y *P. coloratum*** (semilla, labores, mantenimiento de maquinaria, desmalezado o chapeado, etc.).

MT (manejo tradicional)= 200 USD/ha (sin desmalezado o chapeado) dividido número de años de producción (por ejemplo 20 años), la cuota de amortización anual es de 10 USD/ha/año.

MM (manejo mejorado)= 300 USD/ha (con desmalezado o chapeado) dividido número de años de producción (por ejemplo 20 años), la cuota de amortización anual es de 15 USD/ha/año. Se consideró, arbitrariamente, una duración de 20 años común para Cuba y Argentina, aunque existen antecedentes de una mayor duración de los *Panicum* en estudio. Debido a que en los experimentos se concentró el 80% de la producción (kg MS) aprovechable de estos *Panicum*, en los costos de producción (CP) se consideró esa misma proporción de la cuota de amortización, es decir, la cuota que se afectó en los CP fue 12 USD/ha (MM) y 8 USD/ha (MT).

- **Implantación de la *Vicia villosa*** (cultivo anual) 120 USD/ha (total) dividido 3 años (x resiembra natural), la cuota de amortización anual es de 40 USD/ha/año. La Vicia concentra el 55% del total de la producción (kg MS) en el período del ensayo, y por ende, en el CP se afectó en esa proporción, es decir, la cuota fue de 22 USD/ha.
- **Personal** (1 empleado cada 500 ha en 3 meses del ensayo)= 8 USD/ha (32 USD/ha/año) (salario + cargas sociales + aguinaldo= 1.230 USD/empleado/mes - representa la parte proporcional de un empleado afectado al trabajo-).
- **Concentrados**
- **Ración base** (Cuba)= 180 USD/t (0.18 USD/kg x 91 días x 1 kg/cabeza (ensayo)= 16.4 USD/cab)
- **Expeller de Soja** (Cuba)= 200 USD/t (0.20 USD/kg x 91 días x 1 kg/cabeza (ensayo)= 18.2 USD/cab)
- **Pellet o Raicilla de cebada** (Argentina)= 150 USD/t (0.15 USD/kg x 93 días x 3 kg/cab/ensayo= 41.8 USD/cab)
- **Sanidad**²= 10 USD/cabeza (período del ensayo)
- **Varios** (gastos proporcionales al tiempo de duración del ensayo por insumos de la cerca eléctrica, mantenimiento de aguadas, etc.)= 5 USD/ha (período del ensayo)

III.B.2 Experimento en Cuba

Este trabajo se instaló en el ICA donde se evaluó la evolución de los parámetros químicos del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni como forraje base y del expeller o torta de soja, como concentrado proteico complementario, los consumos de MS, PB y EM, el balance de las dietas, el comportamiento productivo (ganancias de peso, producción de carne individual y por hectárea y eficiencia de conversión) y económico (costo de producción) y 3 cargas animal diferentes con vaquillonas (novillas) Siboney (5/8 Holstein 3/8 Cebú).

III.B.2.1.- Materiales y Métodos particulares

La superficie del *Panicum maximum* cv. Guinea likoni fue de 22 ha (área de Desarrollo del ICA) donde se distribuyeron en 3 tratamientos 30 vaquillonas (novillas) de raza Siboney de 187.67 ± 11.66 kg PV inicial/animal. El experimento se extendió durante 91 días desde el 30 de mayo al 29 de agosto de 2014 (temporada de lluvias). La unidad experimental fue el animal.

El cultivo de *Panicum maximum* cv Guinea likoni fue sembrado en el año 2000 con una densidad de siembra de 7 kg/ha y no recibió ningún tipo de fertilizante ni riego complementario.

A los 3 tratamientos se les suministró una ración base con el objetivo de asegurar un nivel mínimo proteico, energético y minerales debido a que se utilizaron animales recién destetados y en pleno crecimiento (pre-ceba).

La ración base estuvo compuesta por una mezcla de expeller o torta de soya, miel de caña de azúcar y minerales y se suministró a razón de 1 kg ración/cabeza/día ($\pm 0.5\%$ del PV). La composición química de la misma tenía 19.2% PB, 2.78 Mcal EM/kg MS y 76.8% de digestibilidad. A su vez al 3° tratamiento se suministró, en forma adicional, 1 kg de expeller o torta de Soya ($\pm 0.5\%$ del PV) (47.5% PB, 2.93 EM/kg MS y 81% de digestibilidad) como concentrado proteico complementario.

III.B.2.1.1.-Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron 3:

- **T₁ (MTsc): Manejo tradicional “sin concentrado proteico complementario”**
- **T₂ (MMsc): Manejo mejorado “sin concentrado proteico complementario”**
- **T₃ (MMcS): Manejo mejorado “con concentrado proteico complementario”**

III.B.2.1.1.1-Características de cada tratamiento

A continuación se describen las características de cada tratamiento (superficie asignada, n° de animales, carga animal, asignación de forraje y tipo, duración y altura del pastoreo).

- **T₁ (MTsc): Manejo tradicional “sin concentrado proteico complementario”**

No se desmalezó o chapeó previo al ensayo. La superficie asignada fue de 9 ha. Se realizó un pastoreo “extensivo” sin cerca eléctrica. A la superficie se la dividió en 2 cuartones o parcelas de 4.5 ha c/u, y los animales permanecieron en cada cuartón + de 30 días.

El rango de pastoreo (altura) fue de 1.0-1.2 m (inicial) hasta 1.6-1.8 m (final). El peso vivo promedio fue 221.5 kg/cabeza. La carga animal fue de 1.1 cabezas/ha (equivale a 243.7 kg PV/ha, promedio ensayo).

- **T₂ (MMsc): Manejo mejorado “sin concentrado proteico complementario”**

Se desmalezó o chapeó a los 45 días previos al inicio del ensayo. La superficie asignada fue de 6 ha. Se realizó un pastoreo “intensivo” con cerca eléctrica con rotación semanal (7 días). El rango de pastoreo fue desde 0.4 m (inicial) hasta 0.8-1.0 m (final). El peso vivo promedio fue 221.1 kg/cabeza. La carga animal fue de 1.67 cabezas/ha (equivale a 369.24 kg PV/ha, promedio ensayo).

- **T₃ (MMcS): Manejo mejorado “con concentrado proteico complementario”**

Se desmalezó o chapeó a los 45 días previos al inicio del ensayo. La superficie asignada fue 5 ha. Se realizó un pastoreo “intensivo” con cerca eléctrica con rotación semanal (7 días). Se suplementó con Expeller de Soya ($\pm 0.5\%$ del PV) como concentrado proteico complementario. El rango de pastoreo fue desde 0.4 m (inicial) hasta 0.8-1.0 m (final). El peso vivo promedio fue 225.4 kg/cabeza. La carga animal fue de 2.0 cabezas/ha (equivale a 450.8 kg PV/ha, promedio ensayo).

III.B.2.2.- Resultados

En las Tablas 61, 62, 63, 64 y 65 se presentan la producción forrajera (oferta y rechazo), los consumos, la asignación de forraje, la calidad del Guinea y de la dieta consumida y balance nutricional.

Tabla 61: Oferta, rechazo y consumo de alimentos de todo el ensayo.

Tratamientos	Oferta ¹ (kg MS/ha)	Rechazo ¹ (kg MS/ha)	Forraje Consumido ¹ (kg MS/ha)	Forraje Consumido ¹ (% del total ofrecido)	Consumo del <i>Guinea</i> ² (kg MS/cab./día) (% del PV)	Consumo Total ² <i>Guinea + concentrado basal y complementario</i> (kg MS/cab./día) (% del PV)
T₁ (MTsc)	22.053,33 ^b (±3525,06)	17.720 ^c (±5314,25)	4.333,33 ^b (±1954,59)	19.65% (±0.11)	4.76 (±2.15) 2.15% PV	5.76 ^a 2.6% PV
T₂ (MMsc)	11.276,67 ^a (±4178,92)	6.823,33 ^a (±3631,18)	4.453,33 ^b (±856.41)	37.31% (±0.12)	4.89 (±0.94) 2.21% PV	5.89 ^a 2.66% PV
T₃ (MMcS)	12.943,33 ^a (±4254,67)	8.833,33 ^b (±2002,71)	4.110.0 ^a (±2252.09)	30.12% (±0.07)	4.52 (±2.47) 2.3% PV	6.52 ^b 2.89% PV

1) Producción forrajera (oferta, rechazo y consumo) total del ensayo. 2) Consumo medio del ensayo

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$) Desvíos estándar entre paréntesis. MTsc: manejo tradicional sin concentrado proteico. MMsc: manejo mejorado sin concentrado proteico. MMcc: manejo mejorado con conc. proteico

Tabla 62: Asignación de forraje (kg MS/100 kg de PV)

Tratamientos	Producción de forraje -oferta- (media mensual) (kg MS/ha)	Carga animal en (kg PV/ha) ¹	Asignación de forraje (kg MS/100 kg PV) ²
T₁ (MTsc)	7.351	243.7	30.16
T₂ (MMsc)	3759	369.24	10.18
T₃ (MMcS)	4.314	450.8	9.57
Promedio	5.141.33	354.58	16.64

1) Carga animal (cabezas/ha) x peso vivo (medio) (kg PV/cabeza)= carga animal en kg PV/ha

2) Producción de forraje (kg MS/ha) / carga animal (kg PV/ha)= Asignación de forraje (kg MS/100 kg PV)

Tabla 63: Calidad nutricional del Guinea consumido (información de los muestreos hand-placking).

Tratamientos	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	EM (Mcal EM/kg MS)	Consumo EM (Mcal EM/cab/d)	FDN (%)	LDA (%)	Dig. FDN (%)
T₁ (MTsc)	23.43 ^{ab} (±5.03)	10.33 ^a (±6.15)	59.95 ^a (±8.5)	2.16 ^a (±0.31)	10.28 ^a	71.8 ^a (±6.38)	3.08 ^a (±0.68)	47.2 ^c (±1.22)
T₂ (MMsc)	25.03 ^b (±5.8)	11.63 ^a (±5.98)	63.59 ^b (±9.34)	2.29 ^b (±0.34)	11.20 ^b	70.43 ^a (±6.41)	2.94 ^a (±0.7)	43.18 ^b (±1.89)
T₃ (MMcS)	22.57 ^a (±4.49)	10.12 ^a (±6.15)	60.24 ^a (±8.96)	2.17 ^a (±0.32)	9.80 ^a	68.74 ^a (±6.64)	3.6 ^b (±0.72)	41.59 ^a (±2.06)
EE (±) Significancia	1.85 P<0,05	1,54 NS	1.88 P<0,05	0,09 P<0,05	0,27 P<0,05	2.08 NS	0,12 P<0,05	0,68 P<0,05

Desvios estándar están entre paréntesis. Letras diferentes indican diferencias significativas (P<=0.05)

Tabla 64: Calidad nutricional de la dieta total consumida por tratamiento

Tratamientos	Dieta	MS (%)	PB (%)	DMS (%)	EM (Mcal EM/ kg MS)	Consumo EM (Mcal EM/cab/d)	PB/ EM	FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)
T₁ (MTsc)	Guinea	23.43	10.33	59.95	2.16	10.28 ^a	47.82	71.8	38.54	3.08
	Ración base	88	19.2	76.8	2.78	2.78	69.06	15.4	----	----
T₂ (MMsc)	Guinea	25.03	11.63	63.59	2.29	11.20 ^b	50.79	70.43	40.34	2.94
	Ración base	88	19.2	76.8	2.78	2.78	69.06	15.4	----	----
T₃ (MMcS)	Guinea	22.57	10.12	60.24	2.17	9.80 ^a	46.63	68.74	40.77	3.6
	Ración base	88	19.2	76.8	2.78	2.78	69.06	15.4	----	----
	Exp. Soya	87.5	47.5	81.0	2.93	2.93	162.11	18.5	----	----

Tabla 65: Balance de las dietas

Tratamientos	Requerimientos y dieta	Consumo de MS (kg MS/cabeza/día)	Proteína bruta (kg MS/cab./día)	Energía Metabolizable (Mcal EM/cabeza/día)
T₁ (MTsc)	Requerimiento ¹	5.8	0.75	14.0
	Guinea	4.76	0.492	10.28
	Ración base	1.0	0.192	2.78
	Balance	-0.04	-0.066	-0.94
T₂ (MMsc)	Requerimiento ¹	5.8	0.75	14.0
	Guinea	4.89	0.569	11.20
	Ración base	1.0	0.192	2.78
	Balance	+0.09	+0.011	-0.02
T₃ (MMcS)	Requerimiento ²	6.10	0.90	15.2
	Guinea	4.52	0.457	9.80
	Ración base	1.0	0.192	2.78
	E. de Soya	1.0	0.475	2.93
	Balance	+0.42	+0.224	+0.31

NRC, 2012

- 1) Vaquillona (novilla) de biotipo grande de 225 kg PV (promedio) para una ganancia diaria de peso 0.730 kg/cabeza/día.
- 2) Vaquillona (novilla) de biotipo grande de 225 kg PV (promedio) para una ganancia diaria de peso 0.830 kg/cabeza/día.

En las Tablas 66 y 67 se presentan los resultados productivos (ganancias de peso), eficiencia de conversión y producción de carne para cada tratamiento y los costos de producción (USD/kg carne producido).

Tabla 66: Ganancias diaria de peso, eficiencia de conversión y producción de carne.

	T ₁ (MTsc)	T ₂ (MMsc)	T ₃ (MMcS)	EE (±)
PV inicial (kg PV/cabeza)	188.1 ^a (±10.93)	187.4 ^a (±11.47)	187.5 ^a (±13.66)	3.127
PV final (kg PV/cabeza)	255.0 ^a (±16.55)	254.8 ^a (±14.63)	263.4 ^b (±15.21)	3.009
Ganancia diaria de peso (kg/cabeza/día)	0.735^a (±0.133)	0.741^a (±0.242)	0.834^b (±0.083)	3.043
Eficiencia de conversión (kg de alimento/kg carne)	7.84^a	7.95^a	7.82^a	2.127
Producción de carne/ha (kg de carne/ha)	73.57^a	112.61^b	151.79^c	2.005

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Desvíos estándar entre paréntesis. EE: error estándar
 MTs/C: manejo tradicional sin conc. Proteico. MMsc/c: manejo mejorado sin conc. Proteico MMc/c: manejo mejorado con conc. Proteico

Tabla 67: Costo directos de producción de cada tratamiento

Insumos	Costos de Producción (USD/ha)		
	T ₁ (MTsc)	T ₂ (MMsc)	T ₃ (MMcS)
Costo del Guinea (<i>P. maximum</i>) ¹	8.0	12.0	12.0
Costo de la ración base ²	18.0	23.4	27.4
Costo del Expeller de Soja ³	0.0	0.0	30.4
Personal ⁴	8.0	8.0	8.0
Sanidad ⁵	11.0	14.3	16.7
Varios ⁶	5.0	5.0	5.0
Total	50.0	62.7	99.5
Costos por kilo de carne (USD/kg carne)	0.68 (50.0 USD/73.57 kg de carne/ha)	0.56 (62.7 USD/112.61 kg de carne/ha)	0.65 (99.5 USD/151.79 kg de carne/ha)

Carga animal: T₁: 1.1, T₂: 1.67 y T₃: 2.0 cabezas/ha. 1) Implantación: se consideró arbitrariamente una duración de 20 años (cuota de amortización (T₁: 10 USD/ha; T₂ y T₃: 15 USD/ha, a cada costo de amortización se debe multiplicar x 80% de la producción concentrada durante el ensayo). 2) Costo de la Ración base: 16.4 USD/cabeza x la carga animal (cabeza/ha)= USD/ha. 3) Expeller de Soja: 18.2 USD/cabeza x la carga animal (cabeza/ha)= USD/ha. 4) Personal: 8.0 USD/ha. 5) Sanidad: 10.0 USD/cabeza x la carga animal (cabeza/ha)= USD/ha 6) Varios (5 USD/ha)

III.B.3.- Experimento en Argentina

El experimento en Argentina se realizó en la empresa ganadera de la Flia Mazzarini de Tornquist (provincia de Buenos Aires, Argentina), donde se evaluó al *Panicum coloratum* cv. Coloratum (Mijo perenne). En este ensayo se evaluó la evolución de los parámetros químicos del Mijo, los consumos de MS, PB y EM, el balance de las dietas, el comportamiento productivo (ganancias de peso, producción de carne individual y por hectárea y eficiencia de conversión) y económico (costo de producción) de vaquillonas británica Angus con 2 fuentes proteicas, adicional al Mijo perenne, (pellet o Raicilla de cebada y *Vicia villosa*) y 2 cargas animal diferentes.

De los 4 tratamientos en evaluación, 2 de ellos usaron 2 fuentes proteicas adicionales diferentes. El T₂ tuvo junto al Mijo una leguminosa forrajera anual, muy usada en Argentina, como es la *Vicia villosa*, que permanece varios años (± 3 años) en el potrero por su fácil resiembra natural. Mientras que al T₄ se le suministró un concentrado proteico (Raicilla o pellet de cebada) que es un subproducto de las Malterías de Cerveza. Los otros 2 tratamientos (T₁ y T₃) no utilizaron ninguna fuente proteica adicional al Mijo, solamente se diferenciaron en la carga animal (0.35 y 2.0 cabezas/ha) y el manejo previo al inicio del ensayo (el primero no desmalezó o chapeó y el segundo sí).

La *Vicia villosa* es una leguminosa forrajera con altos niveles de proteína bruta (18-22%) hasta el período de floración, reduciéndose a 10-12% PB en madurez plena (cultivo seco y grano duro) (Renzi 2010). Al comienzo de este ensayo (9/12/14) la Vicia estaba en plena floración y al finalizar el mismo (12/03/15) el cultivo estaba totalmente seco.

III.B.3.1.- Materiales y Métodos particulares

Este ensayo se extendió durante 93 días desde el 9 de diciembre del 2014 al 12 de marzo de 2015 (final de la primavera 2014 al final del verano 2015), momentos que las temperaturas empiezan a descender (primeras heladas). La fecha de inicio del experimento dependió del momento que el Mijo alcanzara una altura de ± 30 -40 cm de altura. A partir de ese momento se pusieron los animales en los 4 tratamientos y se dio por iniciado el ensayo.

El cultivo de *Panicum coloratum* o Mijo perenne fue sembrado en octubre de 2012 con una densidad de siembra de 7 kg/ha y no recibió ningún tipo de fertilizante ni riego complementario. Mientras que la *Vicia villosa*, se intersembró a una distancia entre línea de 45 cm en marzo de 2014 con una densidad de 12 kg/ha.

Los animales fueron pesados con una bascula de la marca TRU-TEST® serie 2000, modelo SR2000, con un intervalo de ± 30 días. El animal utilizado en este ensayo, vaquillonas Angus (raza británica), tuvieron 4 puntos de *frame*.

III.B.3.1.1.- Tratamientos

En un potrero de 25 ha de *Panicum coloratum* vc. Verde (Mijo perenne) se distribuyeron 28 vaquillonas de raza Angus de $275,57 \pm 12,37$ kg PV/cabeza, en 4 tratamientos con 7 repeticiones (animal). La unidad experimental fue el animal. El menor número de animales usados en Argentina respecto a Cuba se debió a las malas condiciones agro-ecológicas imperantes producto de un verano con altas temperaturas y escasas precipitaciones (balance hídrico negativo).

En este ensayo, el **manejo tradicional** (MT) fue representado por T₁ y T₂, siendo el T₁ un “típico” exponente del MT con baja carga animal, muy usado en la mayoría de las empresas ganaderas de América latina. Mientras que el T₂ fue una variante al T₁ que se diferenció por tener mayor carga animal y la intersembrado de la Vicia. En ambos tratamientos no se desmalezó (chapeó) el forraje viejo y muerto de la campaña anterior previo al inicio del ensayo ni se usó un concentrado proteico adicional (sc). Los cambios de parcela se realizaron cada 30 y 7 días para el T₁ y T₂, respectivamente. La mezcla del Mijo con la Vicia, en el T₂, permitió mejorar la proteína de la dieta y, con ello, incrementar la carga animal.

Mientras que el **manejo mejorado** (MM) se instaló en T₃ y T₄. En ambos tratamientos el material viejo y muerto se cortó a ± 20 cm de altura unos 60 días previos al inicio del ensayo (10/10/2014). Este forraje viejo se puede eliminar, también, con los dientes de los animales (alta carga de vacas) sin necesidad de utilizar una herramienta mecánica.

Como se dijera anteriormente, el objetivo de eliminar todo el material muerto de la campaña anterior fue facilitar el rebrote sano y de alta calidad. Además, en ambos tratamientos se cambió la parcela cada 7 días. La diferencia entre T₃ y T₄ fue el aporte proteico adicional. Mientras que en T₃ no se usó ningún concentrado proteico (sc), en T₄ se suministró Raicilla o pellet de cebada, como concentrado proteico (cc).

La superficie ocupada por cada tratamiento fue diferente. En el T₁ (testigo) ocupó una parcela de 20 ha, arrojando una carga animal de 0.35 cabezas/ha (7 cabezas/20 ha). Mientras que los otros 3 tratamientos (T₂, T₃ y T₄) ocuparon una superficie de 3.5 ha/tratamiento, dando una carga de 2 cabezas/ha (7 cabezas/3.5 ha). Cada parcela fue cercada con alambrado eléctrico, tratando de que sea similar la densidad de *Panicum coloratum cv coloratum* (Mijo perenne) en cada tratamiento.

- Tratamiento 1 (MTsc) (testigo): El Mijo perenne no se cortó previo al inicio del ensayo ni tuvo ninguna sin suplementación proteica. La carga animal fue de 0.35 cabezas/ha (equivale a 114 kg PV/ha, promedio ensayo).
- Tratamiento 2 (MTsc+V): En el Mijo perenne, que no se cortó previamente, se intersembró con *Vicia villosa*. No se agregó ningún concentrado proteico (sc). La carga animal fue de 2.0 cabezas/ha (equivale a 608 kg PV/ha, promedio ensayo).
- Tratamiento 3 (MMsc): El Mijo perenne fue cortado 60 días antes del inicio del ensayo y no se agregó de ningún suplemento proteico (sc). La carga animal fue de 2.0 cabezas/ha (equivale a 598 kg PV/ha, promedio ensayo).
- Tratamiento 4 (MMcR): El Mijo perenne fue “cortado” y se suplemento con Raicilla o pellet de cebada (cc), a razón del 1% del PV. La carga animal fue de 2.0 cabezas/ha (equivale a 632 kg PV/ha, promedio ensayo).

III.B.3.2.- Resultados

En la Tabla 68 y Anexo IV se presenta la información obtenida con el radiómetro (intensidad e interferencia de las radiaciones) y el estado fenológico en los diferentes muestreos. Para poder clasificar los diferentes niveles de interferencia y determinar la incidencia de las radiaciones a diferentes alturas de las plantas se estableció una escala práctica (diferencia entre la radiación captada sobre y bajo el canopeo -cobertura vegetal).

<u>Escala de Interferencia</u>
Interferencia baja: -500 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$
Interferencia moderada: 501-800 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$
Interferencia alta: 801-1100 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$
Interferencia muy alta: + 1101 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$

Tabla 68: Estudio de Radiaciones solares (Radiómetro) (promedio de los muestreos mensuales)

Tratamientos	Sobre Canopeo ($\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$)	Bajo Canopeo ($\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$)	Nivel de interferencia
<u>T-1</u> (MTsc)			
promedio	1667,5	1175	Baja
Desvío estándar	($\pm 157,77$)	($\pm 155,46$)	
<u>T-2</u> (MTsc+V)			
promedio	1557,5	376,25	Muy Alta
Desvío estándar	($\pm 179,33$)	($\pm 208,46$)	
<u>T-3</u> (MMsc)			
promedio	1741,5	922,5	Alta
Desvío estándar	($\pm 140,13$)	($\pm 228,24$)	
<u>T-4</u> (MMcR)			
promedio	1502,5	761,25	Moderada
Desvío estándar	($\pm 221,27$)	($\pm 159,92$)	

En las Tablas 69, 70, 71 y 72 se presenta la calidad de las dietas consumidas, la oferta, rechazo y consumo de MS, asignación de forraje y el balance de las dietas.

Tabla 69: Oferta, rechazo y consumo de alimentos de todo el ensayo

Tratamientos	Oferta ¹ (kgMS/ha)	Rechazo ¹ (kgMS/ha)	Forraje Consumido ¹ (kg MS/ha)	Forraje Consumido ¹ (% del total ofrecido)	Consumo del Mijo ² (kg MS/cab/día) (% del PV)	Raicilla ² (kg MS/cab/día) (% del PV)	Consumo Total ² (kg MS/cab./día) (% del PV)
T ₁ (MTsc) (Testigo)	6.847,5 (±386,44)	4.983,5 (±143,23)	1.864,0 (±2.87,6)	27.22	10,08 (±1,46) 3.09%	----	10,08 (±1,46) 3.09%
T ₂ (MTsc+V)	8.280,96 (±559,36)	4.541,39 (±157,25)	3.739,57 (±315,65)	45.16	9,82 (±2,73) 3.23%	-----	9,82 (±2,73) 3.23%
T ₃ (MMsc)	7.803,9 (±325,35)	4.305,8 (±149,2)	3.498,1 (±203,14)	44.82	8,46 (±3,13) 2.84%	-----	8,46 (±3,13) 2.84%
T ₄ (MMcR)	7.678,8 (±356,18)	4.112,06 (±163,72)	3.566,74 (±241,65)	46.44	7,01 (±1,8) 2.22%	3,16 (±0.55) 1.0%	10.17 (±2.02) 3.22%

1) Producción forrajera (oferta, rechazo y consumo) total del ensayo. 2) Consumo medio del ensayo Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$) Desvíos estándar entre paréntesis. MTsc: manejo tradicional sin concentrado proteico. MTsc+V: manejo tradicional sin concentrado proteico + vicia. MMsc: manejo mejorado sin concentrado proteico. MMcc+R: manejo mejorado con conc. Proteico + raicilla

Tabla 70: Asignación de forraje (kg MS/100 kg de PV)

Tratamientos	Producción de forraje -oferta- (media mensual) (kg MS/ha)	Carga animal en (kg PV/ha) ¹	Asignación de forraje (kg MS/100 kg PV) ²
T ₁ (MT sc) (Testigo)	2.282,5	114.0	20.02
T ₂ (MTsc+V)	2.760,32	608.0	4.54
T ₃ (MMsc)	2.601,3	598.0	4.35
T ₄ (MMcR)	2.559,6	632.0	4.05
Promedio	2.550.93	488.0	8.24

1) Carga animal (cabezas/ha) x peso vivo (medio) (kg PV/cabeza)= carga animal en kg PV/ha

2) Producción de forraje (kg MS/ha) / carga animal (kg PV/ha)= Asignación de forraje (kg MS/100 kg PV)

Tabla 71: Calidad nutricional de la dieta total consumida por tratamiento (Mijo y Raicilla de Cebada) (promedio de los muestreos mensuales) (información de los muestreos hand-placking)

Tratamiento	Dieta	MS	PB	DMS	EM	PB/ EM	Consumo de EM ¹	FDN	LDA	Dig. FDN
T ₁ (MT sc) (Testigo)	Mijo	32,43 (±2,43)	12,05 (±1,29)	65,15 (±3,49)	2,06 (±0,11)	58,44 (±4,18)	20,76 (±0,83)	70,63 (±1,39)	3,56 (±0,34)	61,05 (±0,83)
T ₂ (MTsc+V)	Mijo	33,98 (±3,62)	12,13 (±1,83)	65,25 (±4,51)	2,06 (±0,14)	58,61 (±5,13)	20,23 (±0,55)	70,13 (±1,93)	3,65 (±0,26)	60,55 (±1,05)
T ₃ (MMsc)	Mijo	35,03 (±2,19)	11,78 (±1,67)	64,37 (±4,28)	2,03 (±0,14)	57,69 (±4,8)	17,17 (±0,67)	70,38 (±1,7)	3,66 (±0,37)	59,35 (±3,26)
T ₄ (MMcR)	Mijo	34,88 (±2,39)	11,95 (±1,59)	64,98 (±3,7)	2,05 (±0,12)	58,29 (±4,55)	14,37 (±0,5)	69,68 (±2,8)	3,6 (±0,42)	61,3 (±1,23)
	Raicilla	0,98	23,5	76,8	2,77	84,83	8,75	-----	-----	-----

1) Consumo de EM: Mcal EM/cabeza/día

Tabla 72: Balance de las dietas (promedio del ensayo)

Tratamientos	Requerimientos y dieta	Consumo de MS (kg MS/cabeza/día)	Proteína bruta (kg MS/cab./día)	Energía Metabolizable (Mcal EM/cabeza/día)
T ₁ (MTcs) ¹	Requerimiento ¹	9.45	1.05	20.08
	Mijo	10.08	1.05	20.76
	Balance	+0.63	0.0	+0.68
T ₂ (MTsc+V) ¹	Requerimiento ²	9.16	1.0	20.08
	Mijo + Vicia	9.82	1.0	20.23
	Balance	+0.66	0.0	+0.15
T ₃ (MMsc) ¹	Requerimiento ¹	8.45	1.00	19.0
	Mijo	8.46	0.97	17.17
	Balance	+0.01	-0.03	-1.83
T ₄ (MMcR) ²	Requerimiento ¹	10.15	1.27	22.97
	Mijo	7.01	0.71	14.37
	Raicilla	3.15	0.60	8.75
	Balance	+0.01	+0.04	+0.15

NRC, 2012

1) Vaquillona de biotipo chico de ±310 kg PV (promedio) para una ganancia diaria de peso 0.710 kg/cabeza/día.

2) Vaquillona de biotipo grande de ±315 kg PV (promedio) para una ganancia diaria de peso 1.0 kg/cabeza/día.

En la Figura 13 se describe la evolución de los pesos vivo de los 4 tratamientos a medida que se extendió en experimento.

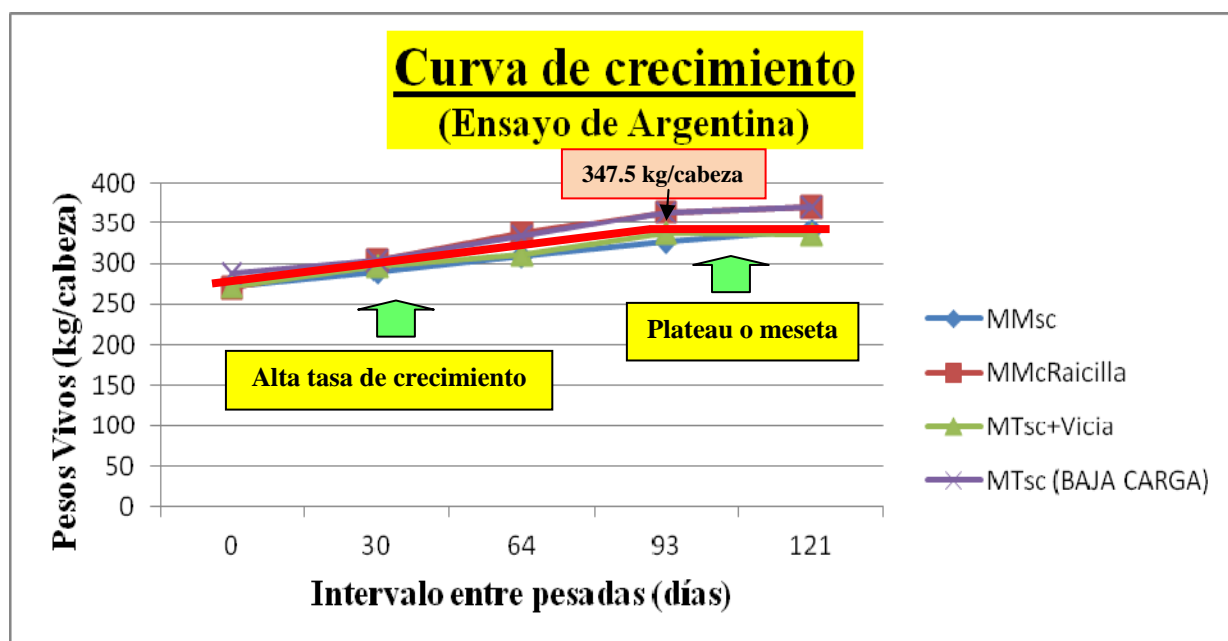


Figura 13: Curva de crecimiento del ensayo en Argentina

En la Tabla 73 se presentan los resultados productivos (ganancias de peso), eficiencia de conversión y producción de carne para cada tratamiento.

Tabla 73: Ganancias diaria de peso, eficiencia de conversión y producción de carne.

	T ₁ (MTsc)(testigo)	T ₂ (MTsc+V)	T ₃ (MMsc)	T ₄ (MMcR)	EE (±)
PV inicial (kg PV/cabeza)	288.22 ^a (±10.28)	272.14 ^a (±10.33)	271.0 ^a (±6.45)	269.29 ^a (±10.26)	3.017
PV final (kg PV/cabeza)	363.67 ^b (±12.27)	336.43 ^a (±8.68)	326.5 ^a (±8.17)	363.4 ^b (±11.33)	3.205
Ganancia diaria de peso (promedio ensayo) (kg/cabeza/día)	0.806^c (±0.26)	0.704^b (±0.23)	0.599^a (±0.05)	1.01^d (±0.13)	2.005
Eficiencia de conversión (promedio ensayo) (kg alimento/kg carne)	12.51^b	13.95^c	14.12^c	10.06^a	2.125
Producción de carne/ha (de todo el ensayo) (kg de carne/ha)	26.23^a	130.94^c	111.41^b	187.86^d	2.114

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Desvíos estándar entre paréntesis. EE: error estándar

Mientras que en la Tabla 74 se describen los Costos de producción de cada tratamiento.

Tabla 74: Costo directos de producción de cada tratamiento

INSUMOS	Costos de Producción (USD/ha)			
	T ₁ (MTsc) (testigo)	T ₂ (MTsc+V) ¹	T ₃ (MMsc)	T ₄ (MMcR)
Costo del Mijo perenne ¹	8.0	8.0	12.0	12.0
Costo de la Vicia Villosa ²	-----	22.0	-----	-----
Costo del Pellet de cebada ³	-----	-----	-----	83.6
Personal ⁴	8.0	8.0	8.0	8.0
Sanidad ⁵	3.5	20.0	20.0	20.0
Varios ⁶	5.0	5.0	5.0	5.0
Total	24.5	63.0	45.0	128.6
Costos por kilo de carne (USD/kg carne)	0.93 (24.5 USD/26.23 kg de carne/ha)	0.48 (63 USD/130.94 kg de carne/ha)	0.40 (45USD/111.41 kg de carne/ha)	0.68 (128.6USD/187.86 kg de carne/ha)

Carga animal: T₁: 0.35, T₂, T₃ y T₄: 2.0 cabezas/ha. 1) Implantación: se consideró arbitrariamente una duración de 20 años (cuota de amortización (T₁: 10 USD/ha; T₂ y T₃: 15 USD/ha x 80% de la producción concentrada durante el ensayo). 2) Implantación de la Vicia (cuota de amortización 40 USD/ha x 55% de la producción concentrada durante el ensayo) 3) Costo del Pellet de Raicilla de Cebada: 41.8 USD/cabeza x la carga animal (cabeza/ha)= USD/ha. 4) Personal: 8.0 USD/ha 5) Sanidad: 10.0 USD/cabeza x la carga animal (cabeza/ha)= USD/ha 6) Varios: 5.0 USD/ha

III.B.4.- Discusión General de los ensayos con animales

Con el objetivo de hacer una discusión más profunda, se dividió la misma en varios ítems.

III.B.4.1.- Tasa y Curva de crecimiento

Las vaquillonas Angus pueden tener frame 3 o 4. A cada tamaño adulto (frame) le corresponde un punto de inflexión o inicio del plateau o meseta diferente, alcanzando su máxima tasa de crecimiento a los 320-330 y 350-360 kg PV, respectivamente (Figura 11). Mientras que aquellas de mayor biotipo, como la raza Siboney usada en Cuba, el pico de crecimiento (inicio del plateau o meseta) se logra, a un mayor peso vivo, entre 350 a 380 kg PV. A partir de estos pesos vivos las ganancias de peso decaen a medida que se incrementa el peso vivo (Bavera 2005 y Agudelo Gómez 2010).

Este comportamiento fisiológico se manifiesta, siempre y cuando, la calidad energética-proteica de la dieta sea adecuada. Cuando ello no ocurre la curva de crecimiento no sigue un patrón definido sino que se ajusta a la calidad de los alimentos ingeridos (Dimarco y Aello 2004 y Fernández Mayer et al. 2012).

Las vaquillonas Angus, en el ensayo de Argentina, tuvieron un peso final promedio de 347.5 kg/cabeza, donde 2 tratamientos (T_1 –MTsc baja carga- y T_4 –MMcR-) superaron los 363 kg/cabeza. Esto demuestra que todos los tratamientos llegaron a la meseta o plateau de la curva y en estos 2 últimos ingresaron plenamente a dicha meseta. A partir de ese peso vivo, las ganancias tienden a decrecer, aún con buena calidad y cantidad de alimentos. Sin embargo, este comportamiento no se manifestó en este ensayo ya que las vaquillonas alcanzaron ganancias de peso muy altas (0.7 a 1.0 kg/cabeza/día). Esto estaría demostrando que los animales, aún con esos pesos vivos, no habían llegado al plateau o meseta.

Una explicación de este comportamiento se puede encontrar en un mayor frame o tamaño adulto que tuvieron estos animales (Bavera 2005 y Fernández Mayer 2006). Como se dijera más arriba, en la raza Angus pueden haber animales con frame 3 o 4, y a mayor frame mayor es el tamaño adulto y, por ende, se alcanza la meseta o plateau con un mayor peso vivo (± 350 -360 kg/cabeza). A ser las vaquillonas Angus de frame 4, explicaría porque se sostuvieron altas ganancias aún con elevados pesos vivos (Figura 13).

Mientras que las vaquillonas (novillas) de raza Siboney utilizadas en el ensayo en Cuba, debido a que tuvieron menor peso vivo de inicio (± 188 kg/cabeza) y de terminación del ensayo (± 260 kg/cabeza), no llegaron en ningún momento a la cúspide (plateau) de la curva de crecimiento, siempre estuvieron en la pendiente de máximo crecimiento (mayor eficiencia de transformación de alimento en carne) con una dieta adecuada.

III.B.4.2.- Impacto de la Intensidad lumínica (radiaciones) sobre la calidad del forraje en los ensayos de Cuba y Argentina.

Las plantas de los ensayos en Argentina fueron expuestas a una mayor intensidad lumínica ($1.502 \mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$) que en Cuba ($1.055 \mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$).

En aquel país, la parte superior de las plantas (sobre el canopeo) estuvieron expuestas al límite de saturación de la fotosíntesis ($1.500 \mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$), lo que le pudo acarrear efectos negativos sobre la composición química. Sin embargo, en condiciones normales las hojas superiores reducen los niveles de radiación al resto del follaje y sólo una parte de ellas alcanza su potencial fotosintético, lo que hace que bajo estas condiciones se logre la saturación lumínica a intensidades superiores (Del Pozo 2002).

En el ensayo de Argentina la parte inferior de las plantas (bajo el canopeo) estuvieron expuestas a una intensidad lumínica muy inferior a la saturación, $\pm 760 \mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$ (la mitad que sobre el canopeo). Este comportamiento fue consistente con lo observado en el ensayo de Cuba donde las radiaciones en la parte inferior de las plantas impactaron en un porcentaje similar que en Argentina.

Altas intensidades de luz promueven aumentos en los niveles de los carbohidratos solubles (CNES) y disminución de la proteína bruta (PB). Con intensidades de luz crecientes, y esto dentro de ciertos límites, la tasa fotosintética aumenta y con ello los carbohidratos solubles. Esto ocurre, habitualmente, en las plantas C_3 (Del Pozo 2002).

Este comportamiento no se observó en ninguno de los ensayos (de corte y con animales) de ambos países. Los niveles de CNES de los *Panicum* (C_4) en estudio fueron muy bajos respecto a una planta de clima templado ó C_3 (6-8% vs 15-25%, C_4 y C_3 respectivamente) (Aello y Dimarco 2004).

Los bajos niveles de CNES observados tendrían dos explicaciones:

- 1) El saldo de CNES, entre el día y la noche, en las especies C_3 es muy superior que las especies C_4 . Esto ocurre porque, si bien las plantas C_4 tienen una mayor síntesis de CNES durante las horas del día (por mayor luminosidad y temperatura), al estar expuestas a altas temperaturas nocturnas ($\pm 28-30^\circ\text{C}$) la tasa de respiración (que metaboliza a los CNES) es muy superior que las C_3 , generando más energía (calor), dióxido de carbono y agua, y con ello, se reducen los niveles de CNES.

Esa energía (ATP) es utilizada para la reducción de los nitratos celulares a amoníaco, para su posterior transformación en proteínas y otras sustancias nitrogenadas, especialmente cuando la parte inferior de la planta se halla sombreada (bajo el canopeo) o en la oscuridad (noche) (Pentón 2000). Los átomos de hidrógeno necesarios para esta reducción proceden de los procesos oxidativos de la respiración (Pentón y Blanco 1997).

2) Por efecto de la mayor temperatura (día y noche) que están expuestas las plantas C₄, se genera un efecto negativo sobre los glúcidos solubles, porque al elevarse la temperatura se incrementa el metabolismo, reduciéndose el contenido de CNES (Van Soest 2014).

Como se mencionara más arriba, las altas intensidades de luz provocan menores niveles de PB. Esta información es consistente con otros trabajos utilizando plantas C₄. En todos ellos, se observaron efectos negativos de las altas radiaciones y temperaturas sobre la PB respecto a una planta C₃ (6-12% vs 12-20%, respectivamente), agravándose la situación a medida que avanza la madurez de la planta (Pentón 2000).

La radiación ultravioleta-B (UV-B) reduce los polipéptidos localizados en el sistema fotosintético activo -fotosistema II- y disminuye, además, los niveles de la enzima ribulosa 1,5 di fosfato carboxilasa (Rubisco) que cataliza la incorporación de CO₂ en el ciclo de Calvin.

Las proteínas son moléculas orgánicas que contienen en su estructura, en la mayoría de los casos, aminoácidos aromáticos como la tirosina, fenilalanina y triptófano. La absorción de radiación UV-B por parte de estos aminoácidos cíclicos induce la oxidación no específica de éstos alterando su conformación y, finalmente, la funcionalidad de las proteínas. Además, en cultivos tropicales o C₄ se reducen hasta un 33% los pigmentos “fotosintéticos” (Carrasco Río 2009).

III.B.4.3.- Efectos de la propuesta de esta tesis sobre la producción, calidad forrajera y producción de carne. Análisis comparativo entre Cuba y Argentina.

En los *Panicum* sp., entre ellos el Guinea, el material más digestible lo constituyen las hojas de la parte superior (60-70% de digestibilidad) y en menor proporción las de la porción inferior (50-55%) (Barahona Rosales y Sánchez Pinzón 2005 y Van Soest 2014).

De igual modo, la digestibilidad del tallo disminuye de 45-55% en el extremo más alto a 35-45% en el punto más bajo. En condiciones similares de crecimiento, las plantas tropicales tienen tres veces más variación en su digestibilidad que los pastos de clima templado y esto tiene un significado muy importantes en el manejo de estas plantas en las diferentes regiones (Van Soest 2014).

La defoliación y aprovechamiento intenso del forraje que caracteriza al **manejo mejorado** (MM), incrementa los niveles de proteína y la digestibilidad de las plantas, en especial, la de origen tropical o C₄. Debido a una mejor calidad del forraje ofrecido aumenta el consumo de MS digestible y con él, la producción de carne o leche, a pesar de que la producción de MS total por hectárea y el desarrollo radicular sea menor (Yrausquín et al. 1995, Bernal y Espinosa 2003 y Van Soest 2014).

Cuando se analiza el comportamiento animal, a través de los consumos de MS y el nivel de aprovechamiento del forraje fresco se debe considerar, también, cuál es el objetivo del sistema productivo, si se busca “más pasto o más carne o leche” (Santini 2004).

El aprovechamiento o consumo del *Panicum* en Argentina (Mijo perenne) en los tratamientos con MM fue 29% superior que en Cuba (Guinea likoni) (45.6 vs 35.3% del total ofrecido, respectivamente). Este comportamiento estuvo influenciado por 4 causas:

1. La **carga animal** con MM, promedio, en Argentina fue +9% superior a Cuba (2.0 vs 1.83 cabezas/ha, respectivamente).
2. La menor carga en Cuba con MM se agravó, aún más, debido a que el Guinea tuvo una +64% mayor producción de forraje que el Mijo perenne (12.110 vs 7.741 kg MS/ha, respectivamente). Este parámetro demuestra que la carga animal en Cuba con MM podría haber sido significativamente superior y con ella, la producción de carne y, proporcionalmente, menor el costo de producción.

Si este mismo análisis comparativo lo hacemos con todos los tratamientos (MT y MM), en Argentina se aprovechó un 49% más el forraje ofrecido que en Cuba (41.5 vs 27.9% del total ofrecido, respectivamente). Este comportamiento, también, se explica por la baja carga animal en Cuba y la mayor producción del Guinea, casi el doble, respecto al Mijo perenne (15.424,3 vs 7.652,79 kg MS/ha, respectivamente).

3. El **peso vivo medio de las vaquillonas** en Argentina fue mayor, 311.25 vs 222.7 kg/cabeza de Cuba, casi un 30% más pesadas.
4. La **calidad del forraje consumido** fue superior en Argentina. Los valores medios fueron 11.98 vs 10.69% PB y 64.94 vs 61.26% digestibilidad, respectivamente.

El **forraje asignado** por animal, promedio, de ambos ensayos (Cuba y Argentina) fue 16.64 vs 8.24 kg MS/100 kg PV, respectivamente. Se observa una excesiva disponibilidad de forraje que hubo en ambos países, aunque en Cuba se registró más del doble. En tanto, las concentraciones de MS de los *Panicum* utilizados (Guinea likoni y Mijo perenne) fueron 23.68 ± 0.31 y 34.08 ± 0.09 % MS, respectivamente.

Para alcanzar los máximos consumos de MS, además de un forraje balanceado energía-proteína, se debería asignar una cantidad de forraje no inferior a 3.50 kg MS cada 100 kg PV/día, con una concentración de MS entre 22 al 24% y una altura de pastoreo entre 25 a 30 cm (Cangiano 1997 y Romera *et al.* 2008). 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).

Las elevadas asignaciones de forraje, promedio, tuvieron 2 explicaciones:

- 1) Por la baja carga animal alcanzada en los tratamientos testigos (**manejo tradicional**, -MT-), 1.1 y 0.35 cabezas/ha en Cuba y Argentina, respectivamente.
- 2) Por la alta producción forrajera (oferta), promedio mensual, (5.141 y 2.551 kg MS/ha, respectivamente), que agravó aún más la baja carga (tablas 62 y 70).

Incluso, los tratamientos que tuvieron un **manejo mejorado** (MM) en Cuba, también tuvieron una asignación muy alta (9.87 kg) respecto a los MM de Argentina (4.31 kg MS). Esto se explica también por una baja carga animal.

No obstante la elevada asignación de forraje, la **calidad del pasto** en los tratamientos con MT fue adecuada, a pesar que algunos valores fueron ligeramente menores a los de MM (Tablas 63 y 71). Esto explica porque se obtuvieron altas ganancias (0.7-0.8 kg/cabeza/día) con MT, en especial si se las compara con otros trabajos, como el realizado por Miranda Mejía y Osorio Aparicio (2012), quienes tuvieron <500 g diarios sin el agregado de ningún concentrado. Las altas ganancias de peso, obtenidas con MT en esta tesis, fueron producto de una mayor selección del forraje que hicieron los animales por efecto, justamente, de la baja carga animal (Ferragine 2009).

Esa mayor selección redundó en el consumo de un forraje de mejor calidad y esto se aprecia, claramente, en los balances de las dietas (Tablas 65 y 72) que fueron consistentes con las ganancias de peso obtenidas. En todos los casos, los aportes energéticos y proteicos de las dietas cubrieron perfectamente los requerimientos de los animales de ambos ensayos.

Si se llegase a incrementar la carga animal para mejorar el aprovechamiento del pasto, especialmente, en los tratamientos con MT, utilizando animales del mismo peso y raza, se reducirían las ganancias de peso en forma proporcional a la calidad del forraje consumido. Sin embargo, mejoraría, dentro de ciertos límites, la producción de carne por hectárea (kg de carne/ha) y se reduciría el costo de producción (Rearte 2010). Aunque la decisión de incrementar la carga en forma desmedida, pensando solamente en un mejor aprovechamiento del forraje, puede ocasionar un deterioro significativo de las ganancias y en el estado general de los animales, afectando “negativamente” la terminación o engorde (ceba) y con ella, se reduciría la producción de carne por hectárea en lugar de aumentarla (Fernández Mayer et al. 2012).

Por ello, la carga animal se debe ajustar, siempre, de acuerdo a la categoría de los animales, a la velocidad de ceba o engorde que se busque y a la oferta y calidad del forraje disponible. A partir de estos factores se adoptan los criterios de manejo más adecuados.

Cuando se analizan los consumos de EM logrados por los animales de ambos experimentos (Argentina y Cuba) y se los compara con los requerimientos correspondientes, los mismos cubrieron perfectamente las demandas energéticas de los diferentes tratamientos, siendo en pocos casos ligeramente negativos. Esto demuestra que las ganancias de peso fueron consistentes con el aporte energético de las dietas, sin requerir movilización de tejidos alguno (Dimarco y Aello 2004).

Tanto la producción como la calidad de los *Panicum* en estudio, en ambos países, tuvieron resultados consistentes a los obtenidos por De León (2008), cuando el intervalo entre defoliaciones fue de 28 días y para la misma época del año (verano).

Mientras que los niveles proteicos alcanzados, en ambos ensayos, fueron muy superiores (>10% PB) a los hallados por Privitello (2004) quien utilizando *P. coloratum* cv coloratum fertilizado con nitrógeno no superaron el 6% PB, durante los meses de verano-otoño en Argentina.

La relación PB/EM media de todos los tratamientos fue ± 57 g PB/Mcal EM, superando los niveles mínimos requeridos para la ceba de vaquillonas (novillas) británicas y cruzas índicas (Fernández Mayer y Tomaso 2003 y NRC 2012).

Los niveles de FDN hallados por este mismo autor fueron similares a los obtenidos en esta tesis ($\pm 70\%$). Sin embargo, no ocurrió lo mismo con los niveles de lignina, que tanto en Cuba como en Argentina, fueron muy inferiores (4% vs 8%) a los encontrados por Privitello.

Es interesante analizar la respuesta animal, ocurrida en cada país, al forraje solo y al agregado de un concentrado proteico.

En Argentina, el T₁ –MTsc- (manejo tradicional sin concentrado) –testigo- que alcanzó la mayor ganancia con forraje sólo (0.806 kg/cab.) tuvo una bajísima producción de carne por hectárea (26.23 kg/ha), debido a la muy baja carga animal (0.35 cab/ha) alcanzada.

En tanto los otros 2 tratamientos (T_2 -MTsc+V- y T_3 -MMsc-), con forraje sólo pero mayor carga animal (2.0 cab/ha), alcanzaron mayores producciones de carne. En el T_2 -MTsc+V- (manejo tradicional sin concentrados + Vicia -forraje rico en proteína-), la ganancia y producción de carne, media, fueron 0.704 kg/cab./día y 130.94 kg/ha, respectivamente. Mientras que el T_3 -MMsc- (manejo mejorado sin concentrado) con Mijo solo, tuvo 0.599 kg/cab./día y 111.41 kg/ha, respectivamente.

Mientras que, cuando se agregó Raicilla de Cebada (al 1%PV) como concentrado proteico adicional (MMcR) (manejo mejorado + raicilla de cebada) los indicadores mejoraron, significativamente ($P < 0.05$), 1.01 kg/cab./día y 187.86 kg/ha, respectivamente. Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Ocampo et al. (2013), quienes utilizando Guinea y diferentes niveles de carga animal (2, 3 y 4 cabezas/ha) y de suplementación a base de Expeller de soja (0.5-1.0 kg/cabeza/día), las ganancias no superaron los 600 gramos diarios.

En Cuba, los tratamientos que tuvieron exclusivamente Guinea likoni tuvieron adecuadas ganancias de peso pero con bajas producciones de carne por ha debido al impacto de las bajas carga animal en proporción a la oferta de forraje.

El T_1 -MTsc- (manejo tradicional sin concentrado) y T_2 -MMsc- (manejo mejorado sin concentrado), tuvieron 0.735 y 0.741 kg/cabeza/día y 73.57 y 96.43 kg/ha, respectivamente. En tanto, el tratamiento al que se adicionó el Expeller de Soja, T_3 -MMcS- (manejo mejorado con concentrado de Soja), alcanzó 0.834 kg/cabeza/día y 126.74 kg/ha, para ganancia de peso y producción de carne, respectivamente.

En ambos ensayos, se observó claramente un **efecto de sustitución** con “adición” cuando se suministró el concentrado proteico, es decir, hubo reemplazo de pasto por concentrado incrementando el consumo total y con él, las ganancias de peso (Fernández Mayer y Tomaso 2003).

En Argentina, el agregado de Raicilla de Cebada mejoró el consumo total de MS un +20% respecto al tratamiento de Manejo Mejorado sin concentrado –T₃ MMsc- (10.16 vs 8,46 kg MS/cab/día, respectivamente). En tanto, las ganancias se incrementaron significativamente ($P < 0.01$) en +69% (1.01 vs 0.599 kg/cab/día, para MMcR y MMsc, respectivamente). Mientras que en Cuba, el agregado de Expeller de Soja, incrementó el consumo en +11% (6.52 vs 5.89 kg MS/cab/día) y +13% la ganancia de peso (0.834 vs. 0.741 kg/cab./día, para MMcS y MMsc, respectivamente).

Se observa un mayor impacto del concentrado proteico (Raicilla) sobre las ganancias de peso en Argentina (+69%) que al Expeller de Soja en Cuba (+13%).

Esto se explica porque en Argentina la carga animal (en cabezas/ha y en kg de PV/ha) fue más elevada que en Cuba y el aporte proteico adicional de la Raicilla se manifestó, claramente, al mejorar el balance energía-proteína y con el, el aprovechamiento del forraje fibroso por una mayor flora celulítica (Fernández Mayer 2006).

En tanto en Cuba los animales pudieron seleccionar más el forraje consumido buscando mayor calidad ayudados por la baja carga animal, especialmente en el tratamiento 1 – MTsc- (testigo). Por ello, el Expeller de Soja tuvo un menor impacto en el balance E-P de la dieta (Dimarco y Aello 2004).

Este comportamiento productivo, entre los animales de Cuba y Argentina, fue consistente cuando se analiza la **eficiencia de conversión** (EC). A medida que disminuye la calidad del forraje ofrecido se afecta el consumo MS y con él, se reducen las ganancias de peso, repercutiendo en la EC, es decir, se requiere un mayor consumo de MS para producir 1 kg de carne (Aello y Dimarco 2004).

En ambos países, la EC tuvo una respuesta diferente en los tratamientos donde se adicionó un concentrado proteico. En Argentina el agregado de Raicilla (T₄ –MMcR-) mejoró la EC un 34.5% a la media de los otros 3 tratamientos (10.06 vs 13.53 kg alimento/kg de carne producido).

En tanto, en Cuba el tratamiento al que se adicionó Expeller de Soja (T₃ –MMcS-) tuvo una leve mejora de la EC (+0.01%) respecto a los otros 2 tratamientos (7.82 vs 7.9 kg de alimento/kg carne, respectivamente).

La mejora de la EC, al agregado del concentrado proteico observada en Argentina, tiene una explicación similar a lo mencionado más arriba. El agregado de la Raicilla permitió una más eficiente utilización de los nutrientes, especialmente, aquellos que provienen de una mayor degradación de la fibra producto de un incremento en la población de bacterias celulolíticas por un mejor balance energía-proteína.

Si comparamos las EC entre ambos ensayos (Cuba y Argentina), se observa que las vaquillonas o novillas Siboney de Cuba al estar en plena etapa de crecimiento (máxima pendiente de la tasa de crecimiento) tuvieron mejor EC (7.82 al 7.9 kg de alimentos/kg de carne producido) que los animales en Argentina (10.06 al 13.53 kg de alimentos/kg de carne producido) que tuvieron mayor peso vivo de terminación del ensayo.

Esto confirma que si no se hubiera terminado el ensayo en Cuba por empezar la temporada de sequía (el ensayo se diseñó, exclusivamente, para la época de lluvias) las novillas hubieran mantenido una alta respuesta (ganancia de peso) a la alimentación con una ligera reducción de la EC al aumentar el PV (Fernández Mayer y Tomaso 2003).

III.B.4.3.- Análisis económico comparativo.

Todo sistema productivo, en especial de ganadería de carne bovina, que busque ser sustentable deberá combinar varios factores que permitan obtener una mejora significativa del flujo financiero y del resultado o beneficio económico de la empresa. Para ello, será necesario buscar la mayor ganancia de peso y carga animal que permita el sistema (mayor producción de carne por hectárea) con los menores costos de producción posible. En todos los casos se debe privilegiar una adecuada y rápida terminación de los animales para satisfacer las demandas del mercado consumidor (Delgado 2006 y Rearte 2010).

En estos experimentos, tanto en Argentina como en Cuba, el costo de producción fue muy adecuado para lograr una mayor sustentabilidad, productiva, económica y social de los sistemas productivos. A pesar de las diferencias ambientales (clima y suelo), de los tipos de *Panicum* utilizados (Guinea y Mijo perenne) y de la producción y calidad del forraje, el costo medio en ambos países fue similar, 0.63 UDS/kg producido con un rango de variación entre 0.40 al 0.93 USD/kg.

Los costos de producción fueron consistentes con otros trabajos realizados en sistemas de engorde pastoril, utilizando bajas proporciones de concentrados o sin ellos (Fernández Mayer y Delgado 2009 y Martínez et al. 2001).

CAPÍTULO IV.

ESTRATEGIAS DE MEJORA, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1 Estrategias de mejora

A través de un **manejo mejorado** (MM) de los *Panicum* en estudio se buscó mejorar los indicadores productivos y económicos. Este MM consta de 4 puntos:

1º) *Corte de limpieza*, 45 a 60 días previo al inicio de la próxima época de pastoreo. La finalidad de este corte de limpieza es para extraer el material viejo y muerto que quedó remanente (residuo) de la campaña anterior y así promover un rebrote sano y de alta calidad. Este corte se puede realizar, también, con los dientes de los animales, especialmente si son vacas o toros.

2º) *Pastoreos intensivos* (cambios cada 3 a 7 días por parcela –máximo-) con alta carga animal (ajustada a la producción forrajera y categoría de los animales), cuyo rango de aprovechamiento (altura de pastoreo) debe variar entre los 0.4 a 1.0 m de altura (medido estirando las hojas superiores). Con este manejo se garantiza que los animales coman un forraje de mayor calidad (alta PB y digestibilidad y bajos niveles de fibra) que caracteriza al pasto dentro de ese rango o altura de pastoreo.

3º) *Desmalezadas o chapeadas oportunas*, cuando el *Panicum* supera esa altura máxima (1.0 m) para eliminar el forraje de menor calidad (fibroso) y promover un nuevo rebrote.

4º) *Concentrado proteico adicional*, cuando se busque altas ganancias de peso (>850 gramos diarios). La decisión de utilizar o no un concentrado proteico estará en función de la categoría de los animales en cuestión y a los costos de los concentrados.

IV. 2 Conclusiones generales, específicas y recomendaciones

IV. 2.1 Conclusiones generales

Esta tesis propone un cambio de paradigma, buscando realizar un manejo pastoril (directo) más intensivo (**manejo mejorado –MM-**).

La respuesta en producción de carne y el resultado económico del MM, en ambos países, mejoraron significativamente ($P<0.05$) al **manejo tradicional** (MT) tanto con forraje exclusivo como cuando se agregó un concentrado proteico a la dieta.

IV. 2.2 Conclusiones específicas

1.- Los *Panicum maximum* y *P. coloratum* evaluados en las etapas fenológicas juveniles, lograron la interacción de 3 parámetros nutricionales claves: a) mayor nivel de PB ($>$ al 10%), b) mayores valores de digestibilidad y EM ($>65\%$ y 2.35 Mcal EM/kg MS, respectivamente) y c) una relación de PB/EM superior a 35-40. Todo esto combinado con una adecuada asignación de forraje por animal, (>3.5 kg cada 100 kg PV) ofreció un material de alta calidad que puede ser transformado en carne en cualquier sistema productivo.

2.- La suplementación con concentrados ricos en proteína (600 a 700 g PB/cabeza/día) aportada por Expeller de Soja como la Raicilla de Cebada permitió obtener ganancias de peso superiores a los 0.834 kg/día ($P<0.05$) con vaquillonas (novillas) en la etapa de crecimiento.

3.- El costo de producción medio fue de 0.63 UDS/kg producido con un rango de variación entre 0.40 al 0.93 USD/kg. El mismo fue muy adecuado para los sistemas ganaderos de América latina.

4.- La calidad y producción de MS de los *Panicum maximum* cv Guinea likoni y Gatton panic y *P. coloratum* cv coloratum, tanto en monocultivo como asociado con *Leucaena leucocephala*, fueron muy adecuados para lograr altas producciones de carne (individual y por hectárea). Se obtuvieron las curvas de crecimiento y las de los diferentes parámetros químicos de los *Panicum* evaluados. Además, se determinó la calidad y producción de MS “potencial” de los 3 *Panicum* en las mejores condiciones ambientales (temperatura y humedad contralada) dentro de un invernadero a lo largo de todo el ciclo productivo y con defoliaciones periódicas.

Y a partir de esta información se podrán definir distintas estrategias de manejo y productivas (fertilizaciones, densidades de siembra, intercalar con leguminosas, etc.) buscando la mayor producción de carne con el menor costo de producción posible.

5.- A partir de los resultados de esta tesis, será posible extender los criterios de manejo y aprovechamiento obtenidos bajo un MM de los *Panicum* estudiados al resto de las gramíneas tropicales (C₄). De esa forma, se podrá lograr un forraje con la mayor calidad nutricional posible y con ella, incrementar la producción de carne y el beneficio económico haciendo más sustentable los sistemas ganaderos de carne de toda Latinoamérica.

IV. 2.2 **Recomendaciones**

Las propuestas de manejo y suplementación son:

- a) ***Eliminar el material muerto y viejo de la campaña anterior***, a través de un desmalezado o chapeado o bien un pastoreo muy intenso 45-60 días previo al inicio de la temporada de crecimiento (época húmeda o primavera-estival).
- b) ***Empezar a pastorear desde los 35-40 hasta ± 1.0 m de altura*** (rango de aprovechamiento o pastoreo). En caso de superar esa altura o que quedan muchas plantas viejas (para uniformar el rastrojo del pastoreo anterior), por condiciones ambientales favorables o baja carga animal, se debe cortar con desmalezadora el material muy alto o material viejo; o bien, incrementar la carga, ya sea aumentando la cantidad de animales o reduciendo la superficie de la cada parcela con cerca eléctrica.
- c) ***Pastoreos intensivos con parcelas o cuartones, con cambios cada 3 a 7 días*** (como máximo) con cerca eléctrica. En todos los casos se debe utilizar la mayor carga animal posible (ajustada a la producción forrajera y categoría de los animales).
- d) ***desmalezadas o chapeadas oportunas***, cuando el rastrojo haya quedado muy desperejo después del pastoreo.

Otra alternativa posible es cortar el forraje para hacer algún tipo de reserva cuando no se podrá comer con la altura adecuada, ya sea porque hay un exceso de forraje o baja carga animal. El objetivo, en todos los casos, es eliminar los rastrojos o residuos de menor calidad (fibroso) o evitar que las plantas pierdan calidad cuando supera el 1.0 m de altura, de esa forma se promoverá un nuevo rebrote con mayores niveles de proteína y digestibilidad.

- e) ***Suplementación proteica ajustada al tipo de categoría de animales y en bajas proporciones (0.5-1%PV)***, cuando se busquen ganancias superiores de los 800 gramos diarios, tanto con animales en crecimiento como en terminación. En este caso será necesario agregar algún concentrado proteico, en bajas proporciones (600 a 700 gramos de proteína diaria).

Futuras líneas de investigación.

- Determinar las causas de los menores niveles de FDA y de lignina de los *Panicum* evaluados, aún con altas proporciones de FDN.
- Evaluar las causas que llevan al *Panicum maximum* (Guinea o Gatton panic) y *P. coloratum* tener menores niveles de CNES que otras plantas tropicales.
- Evaluar los efectos de la fertilización (N, P y K) y riego complementario estratégico sobre la producción y calidad de los *Panicum*, dentro de un MM.
- Estudiar la persistencia de los *Panicum coloratum* y *maximum* frente a sistemas de manejo y aprovechamiento más intensivos (mayor frecuencia de defoliaciones por corte o pastoreo directo).
- Profundizar los efectos de un manejo intensivo (alta carga animal, chapeado o desmalezado estratégico, pastoreo intensivo etc.) del *Panicum maximum* y *coloratum*, con y sin suplementación proteica y energética sobre la producción de carne individual y por hectárea, especialmente bajo diferentes niveles de sombra con y sin leguminosas arbóreas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aello, M.S. y Dimarco, O.N. 2004. Evaluación de alimentos. En: Curso de nutrición animal. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP, Balcarce. 29-64.
- Academia de Ciencias de Cuba, 1989 http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/LatinAmerica_Atlas/Meeting2010/08Sep/18_CUBA.pdf. Consultado 2014
- Agudelo Gómez, D.A. 2010. Curvas de crecimiento de crías de vacuno levantadas en la Corporación Universitaria Lasallista Revista Lasallista de Investigación, vol. 1, núm. 2, 2004, pp. 42-45, Corporación Universitaria Lasallista
- Alonso Lazo.J. y Flebes Pérez.G 2003. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril Leucaena (Leucaena leucocephala cv Perú) y guinea (Panicum maximum cv likoni). Tesis Doctor en Cs Agrícolas. Pp111
- Ankom Technology 2008 Procedures for fiber and *in vitro* analysis
http://www.ankom.com/09_procedures/Crude%20Fiber%20Method%20A200.pdf
(Consulta: 10/2014).
- AOAC 2005. Official methods of analysis. 16th Ed. The Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA,USA
- Araujo L.C. 2011. Modelos matemáticos para estimar la producción de Panicum maximum cv. mombaza en la región del Estado de San Pablo. Tesis Doctoral. Universidad de San Pablo.
- Araujo Febres, O 2005. Factoreo 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 (Consulta: 06/2011).
- Avila R. 2014. Gramíneas forrajeras para el subtrópico y el semiárido central de la Argentina. Documento oficial de INTA.
http://inta.gob.ar/documentos/gramineas-forrajeras-para-el-subtropico-y-el-semiarido-central-de-la-argentina/at_multi_download/file/INTA%20Gramineas%20forrajeras%20para%20el%20subtr%C3%B3pico%20y%20el%20semi%C3%A1rido%20central%20de%20la%20Argentina.pdf
Consultado 12/14

- Badger, M.R. y D. Price. 1994. The Role of Carbonic Anhydrase in Photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45:369-392.
- Bach, B y Casalmigia, 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 (Consulta: 08/2010) .
- Barahona-Rosales y Sanchez Pinzón, 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista CORPOICA* Vol. 6 N°1 • Enero-junio.
- Baruch, Z. 1994. Response to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potencial, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. *Plant and Soil.* 164: 97 - 105.
- Baruch, Z y Fisher, M. J. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: *Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación*, Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Colombia pp. 103-142.
- Bavera, G.A. 2005. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.
http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/11-tamano_o_frame.pdf Consulta: 02/2015
- Baldelomar, Z, E, Rojas, C.A, Cortéz, M. 2008. Producción y análisis bromatológico de tres gramíneas tropicales (*B. decumbens*, *Panicum maximum*, cv Tanzania y cv Gatton). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia U.A.G.R.M. Bolivia
http://www.fcv.uagrm.edu.bo/sistemabibliotecario/doc_tesis/BALDELOMAR,%20Z.E.-20101115-095615.pdf Consulta 07/2013
- Barahona Rosales,R y Sánchez Pinzón,S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Rev. Corpoica.* Vol 6 n° 1. Enero-junio 2005
- Beever, D. 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, Queens-land, Australia, p. 535-542.
- Burton, Glenn W. 1986. Developing b
- Beef Improvement Federation. 2005. www.beefimprovement.org

- Benavides, A. 2013. Fotosíntesis: diferencias en las vías metabólicas C₃, C₄ y CAM.
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fotosintesis%20C3,C4%20y%20CAM.pdf>
 Consulta mayo 2014
- Benitez, A.A., Torres, B.M.J., Aguilar Martinez, C.U. y Martinez castro, C.J. 2012. Efectos del período de almacenaje sobre la germinación del *Panicum maximum* cv. mombaza. Tesis de grado.
http://www.unpa.edu.mx/tesis_Loma/tesis_digitales/Tesis%20Adilene-Abad.pdf
- Bernal, J. y Espinosa J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. IPNI. Colombia y Ecuador.
- Buxton, D.R. y Fales, S.L. 1994. Plant environment and quality. En: Forage Quality Evaluation and Utilization. Edited by American Society Agronomy Crop Science Soc. of American, Madison, USA, pp. 155-199.
- Buxton, D. R. y Redfearn, D. D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. Journal of Nutrition, 127: 814S–818S.
- Bruinenberg, M. H., Valk, H., Korevaar, H. y Struik P. C. 2000. Factors affecting digestibility of temperate forages from semi natural grasslands: a review. Grass and Forage Science, 57: 292–301.
- 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
- Carrasco Ríos L, 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. Volumen 27, N° 3, Páginas 59-76 IDESIA (Chile) Septiembre – Diciembre.
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292009000300009
 Consultado 01/2015
- Castañares, M., Cornacchione, M.V. y Kunst, C. 2003. Tasa diaria de crecimiento, producción de biomasa y calidad de las fracciones hoja y tallo de Green panic (*Panicum maximum* var. *Trichoglume*) bajo cobertura arbórea. Congreso AAPA 2003. <http://www.aapa.org.ar/congresos/2003/PpPdf/Pp93.PDF>
 Consultado (05/2013)
- 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
- Connor, D.J. 1983. Plants stress factors and their influence on production of agroforestry plant associations. In: P.A. Huxley (ed.). Plant Research and Agroforestry. Nairobi. p. 401-24.

- Cornacchione, M.V., Fumagalli, A.E. y Salado, 2003. Ganancia de peso de vaquillonas en pastoreo de tres gramíneas tropicales bajo dos niveles de carga animal. Congreso AAPA 2003 <http://www.aapa.org.ar/congresos/2003/NaPdf/Na55.PDF> Consulta (06/2013)
- CORPOICA, 2001b Evaluación de diferentes frecuencias de corte en Guinea mombaza (*Panicum maximum*) bajo condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel de campano (*Pithecellobium saman*) en Sampedro, Sucre. Rev. Colombiana cienc. Anim. 4(2):377-395,2012
- Cuaderno de Biotecnología, 2009. www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_96.asp?cuaderno=96 (Consulta: 1/2014).
- De León. 2008. Cómo mejorar la ganadería subtropical con pasturas megatérmicas. Frecuencia de defoliación y calidad de megatérmicas. Cuadernillo clásico de Forrajeras. AGROME RCADO. Febrero 2008. 143.Pp 1 a 9
- 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.
- 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. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Pastos XXXII (2), 109-137.
- Del Pozo, P.P. 2004. Algunos factores climáticos que afectan el crecimiento y calidad de los pastos. http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/30-bases_ecofisiologicas_manejo_pasturas_tropicales.htm Consultado 12/2014
- Denim, B. 1966. Influence of climatological factors on the chemical composition and feeding value of herbage. In International Grassland Congress, 10th Helsinki. Pp 415-418
- 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, 2004. Costo energético de la actividad vacuna en pastoreo. www.nutriciondebovinos.com.ar. (Consulta: 11/2010)
- 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-pastura/pastoreo%20sistemas/119-Investigacion-Consumo.pdf (Consulta 05/2014)

- 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 Consultado 02/2011)
- FAO. 2010. Las etapas decimales del crecimiento de Trigo. Escala Zadoks.
<http://www.fao.org/DOCREP/006/X8234E/x8234e05.htm> (Consultado 01/13)
- Fernández Mayer, A.E. 1998. Fisiología de la producción de carne. Material didáctico
 n° 3 INTA. Argentina. ISSN 0326-2626 40 pp.
- 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. 2010. Algunas tecnologías para zonas marginales.
<http://www.veterinariargentina.com/revista/2010/08/algunas-ecnologias-ganaderas-para-zonas-marginales/> (Consultado 01/2012)
- Fernández Mayer, A.E. 2014. Transformación de subproductos de agroindustria y residuos
 De cosecha en carne y leche.
<http://inta.gob.ar/documentos/subproductos-y-residuos-de-agroindustria-de-cultivos-templados-subtropicales-y-tropicales-en-carne-y-leche-bovina-2/>
- 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 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., Stuart, R., Chongo, B y Martín, P.C. 2012. Contribución a a
 viabilidad de los sistemas de producción de carne de la región subhúmeda y
 semiárida de la Argentina. Estrategias de mejora. Tesis de Doctorado. Instituto de
 Ciencia Animal (ICA) Mayabeque, Cuba. Pp 151

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 03/2014)

Ferri, C.M. y Jouve, V.V. 2007. Efectos del intervalo de corte y la fertilización nitrogenada en *Panicum coloratum* L. cv Verde. APPA - ALPA - Cusco, Perú.

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

Formosa, 2014. Comportamiento de pasturas forrajeras en el oeste formoseño.

http://archivos.formosa.gob.ar/media/uploads/documentos/documento_28.pdf

Fulkerson, W.J; Slack, K y Havilah, E. 1999. The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) Tropical Grasslands. Volume 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-evalalimentos.pdf
(Consulta 06/2014)

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

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> (Consulta 06/2014)

García, C. 2014. Ecología Forestal: Estructura, Funcionamiento y Producción de las masas forestales.

http://www.ub.edu/ecologia/Carlos.Gracia/PublicacionesPDF/La_madera.pdf

García-Trujillo R, Pedroso DM. 1989. Alimentos Para Rumiantes. La Habana, Cuba. Ed. Enpes.

Goering, H.K y Van Soest, P.J. 1970. Agric Handbook nº 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/botánica/7.3_pared_cellular.htm](http://www.Biología.edu.ar/botánica/7.3_pared_cellular.htm) (Consulta: 11/2014)

Hernández. I. 2000. Utilización de las leguminosas arbóreas *L. leucocephala*, *A. lebbeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. (Tesis de Doctorado). La Habana: ICA, EEPF "Indio Hatuey", 2000.

- Hernández, I, Benavides, J. E., Simón; L y Pérez,E. 2001. Efecto de la adición en el suelo del follaje de *Leucaena leucocephala* en la producción de Biomasa de *Panicum maximum*. La Habana: ICA, EEPF "Indio Hatuey", 2001.
- Hernández Gil, R. 2014. Características ecofisiológicas de las plantas C₃ y C₄. <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/fotosintesis/> (Consultado: 10/2015)
- Hernández, Pérez, Bosch, Rivero, Camacho, Ruiz, Jaimez, Marson , Obregón, Torres, González, Orellana, Paneque, Mesa, Fuentes, Durán , Pena, Cid, Ponce, Hernández, Frómeta, Fernández, Garcés, Morales, Suárez, Martínez y Ruiz, 1999. Suelos de la EE Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, Cuba. <http://biblioteca.ihatuey.cu/link/tesis/tesisd/jesusiglesias.pdf> (Consulta: 01/2015)
- Herrera, J.P. 1984. Régimen de riego de algunas gramíneas forrajeras en la región occidental de Cuba. Tesis, ICA, ISCAH. La Habana (Tesis de Doctorado en Ciencias) 246p.
- Hidalgo, L.G 2010. Morfología del desarrollo y crecimiento de pasturas http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Zootecnia/Documentos/2010/Morfologia2009_1revisado.pdf
- Iiyama, K., Lam, T.B.T. y Stone, B. A. 1993. Cell wall biosynthesis and its regulation. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility (Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R. D. & Ralph, J., eds.), pp. 621–683. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Instituto de Suelos, Cuba. 2012. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/Central_America_WS/Ciencia_del_Suelo_en_Cuba_GSP_.pdf, Consultado 2014
- 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
- Juárez Lagunes, F.I, Montero Lagunes, M., Serna Garcia, C. y Canudas Lara, E.G. 2005. Evaluación nutricional de gramíneas forrajeras tropicales para bovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia www.tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse (Consulta 06/2014)
- 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.
- Jung, H. G. y Allen, M. S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 73: 2774–2790.
- 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.

- Lagomarsino, E.D; Nicosia, M.G. y Martín, G.O.2010. Producción forrajera de gramíneas estivales bajo riego en el Dpto Trancas, Tucuman, Argentina. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la U.N.T. <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultura/323N%20FORRAJERA.pdf> Consultado: Mayo 2013
- Lambers, H.; Chapin, S. & Pons, T. 1998. Plant physiological ecology. Springer-Verlag. New York.Pp. 392
- Lazcano,C,E, 2002. Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(2): 126-132 (CIAT)
- Lissarrague,J.R; Baeza,P y Sanchez de Miguel, P. 2014. La Fotosíntesis. <http://ocw.upm.es/produccion-vegetal/viticultura/contenidos/Fotosintesisvid.pdf> Consulta: enero 2015
- Ludlow, M.M. y Wilson, G.L. 1971. Photosynthesis of tropical pasture plants. 2. Temperature and illuminance history. Aust. J. Biology Science, 24: 1065-76.
- Machado,R y Yeseika, O. 2004. Evaluación de genotipos mejorados de *Panicum maximum* en condiciones de pastoreo simulado y sombra. Pastos y Forrajes, Vol. 27. N° 2 (abril-junio).
- 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
(Consulta 06/2014)
- Martínez Ferrario, E 2010. Estrategías y Adminsitación Agropecuaria. <http://mferrario.com.ar/ealmf/publicaciones/gestion.htm>
(Consultada 05/2013)
- Martínez, M, Bravo,J, Betancourt, M y Morán, V. 2001.Efecto de la suplementación sobre el crecimiento de becerros mestizos en la época de seca Zootecnia Tropical, 19(1): 31-42.
- Miranda Mejía, J.L y Osorio Aparicio, J.L. 2012.Análisis de gramíneas tropicales y simulación de producción potencial de leche
<http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1042/1/T3293.pdf>
Consulta: Mayo 2013
- Moore, K. J. y Hatfield, R. D. 1994. Carbohydrates and forage quality. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Fahey, G. C., Jr., Collins, M. C., Mertens, D. R. & Moser, L. E., eds.), pp. 229–280. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Norton, B.; Wilson, J.; Shelton, H. & Hill, K. 1991. The effect of shade on forage quality. In: Forages for plantations crops. (Eds. M. Shelton and W. Stür). ACIAR Proceedings No. 32. Canberra, Australia. p. 83
- NRC 2012.Nutrient requirements of swine. 11th Ed. Nat. Acad. Press, Washington, D. C.

- Obispo, N.E.; Yusmary Espinoza, J. L. Gil, F. O. y Rodriguez, M.F 2012. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. http://www.cuencarural.com/ganaderia/bovinos/57748-efecto-del-sombreado-sobre-la-produccion-y-calidad-del-pasto-guinea-panicum-maximun-en-un-sistema-silvopastoril/?encuestas_id=42&ver_resultado=1. Consulta Mayo 2014
- Obispo, N.E.; Yusmary Espinoza, J. L. Gil, F. O. y Rodriguez, M.F. 2008. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. *Zootecnia Trop.*, 26(3): 285-288. 2008
- Ocampo, C.L.; Urdaneta, M.A.; Casanova, A.; Ventura, M. 2013. Sistemas de producción de carne con pasto Guinea (*Panicum maximum*, Jacq) interrelacionado carga animal y suplementación. <http://www.manejopotreros.com/TesisPostgrado.htm> (Consultado Mayo 2013)
- 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 05/2013)
- Paciullo D.S.C., de Carvalho, C.A.B.; Aroeira, L.J.M.; Morenz, M.J.F; Lopes, F.C.F y Rossiello, R.O.P. 2007. Morfofisiología e valor nutritivo do capimbraquiária sob sombreamiento natural e a sol pleno. *Pesq. Agrop. Bras.*, 42(4): 573-579.
- Padilla, C. 1974. Reseña descriptiva de la Guinea. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 26Pp.
- Parson, A. J. and Penning, P. D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass Forage Sci.* 43:15-27
- Petruzzil, H.J; Stritzler, N.P; Adema1, E.O; Ferri, C.M. y Pagella, J.H. 2008. Mijo perenne (*P. coloratum*). http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/09-mijo_pernne.pdf. Consulta julio 2014.
- Pentón, G, 2000. Efecto de la sombra de los árboles sobre el pastizal en un sistema seminatural. Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"-EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 66 p.
- Pentón, G y Blanco J. 1997. Influencia de la sombra de los árboles en la composición química y rendimiento de los pastos. *Pastos y Forrajes*, 20:101-110.
- Pezo, D. y Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Turrialba, Costa Rica. p. 276
- Petruzzil HJ, NP Stritzler, EO Adema, CM Ferri, JH Pagella. 2003. Mijo perenne. Publicación Técnica N° 51, EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA, 28 p.
- Privitello, L. 2004. Evaluación comparativa de la calidad forrajera en especies subtropicales y nativas en la provincia de San Luis (Argentina). *Pastos y Forrajes*. Abril-junio.
- 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).
- Ramírez, R., Ramírez, R.G. & López, F. 2002. Factores estructurales de la pared celular que afectan su digestibilidad. CIENCIA UANL.5:180
- 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 (Consulta 08/2013)
- 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
- Renzi, J.P. 2010. Manejo del cultivo de vicia.
file:///C:/Users/Anibal/Documents/20100907-Vicia_ssp_Manejo_del_cultivo.pdf
- Ribaski, J.; Inoue, M.T.; Lima, J.M.P. 1998. Influência da Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) Dc.) sobre alguns parâmetros ecofisiológicos e seus efeitos na qualidade de uma pastagem de Capim-Búfel (*Cenchrus ciliaris* L.), na região semi-árida do Brasil. In: Congresso Brasileiro em Sistemas Agroflorestais 2. Belém, PA. No contexto da qualidade ambiental e competitividade: resumos expandidos. Belém: Embrapa-CPATU. p. 219-20.
- Ricci.H.R, Guzman. L.P, Pérez.P.G, Juarez. U. y Díaz.A.M. 1999. Producción de materia seca de siete gramíneas tropicales bajo 3 frecuencias de corte. Pasturas tropicales vol 19 n° 2 45-49Pp.
- Rodríguez-Petit, A; F. Rada y M. Colmenares 2008. Comportamiento ecofisiológico de *Brachiaria decumbens* en monocultivo y en asociación con *Leucaena leucocephala* Pastos y Forrajes, Vol. 31, No. 3,
- 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. 2014. Pasturas templadas y tropicales.
<http://www.infortambo.com/admin/upload/arch/pasturastt.pdf> (Consultado 12/2014)
- Romero.l y Mattera. J. 2012. Rendimiento y calidad del forraje de forrajeras megatérmicas

- bajo distintas frecuencias de defoliación.
<http://www.cuencarural.com/ganaderia/bovinos/71614-rendimiento-y-calidad-del-forraje-de-forrajeras-megatermicas-bajo-distintas-frecuencias-de-defoliacion/> Consultado 10/2014
- 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, 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
- Ruiz, T.E. y Febles, G. 2005. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. [cd-rom]. II Curso Intensivo de Silvopastoreo Colombo-Cuba. Bogotá, Colombia. s/p
- Sánchez, T; Lamela, L y López, O, 2007. Caracterización de la comunidad vegetal en una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. Pasto y Forrajes, n° 4
- Salisbury, F. B. y Ross C. W. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamericana 759p.
- Santini, F. J. 2004. ¿Sistema pastoril o feedlot?. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/manejo/articulos/sistema-pastoril-feedlot-t782/124-p0.htm>
- SAS/STAT, 2005. User's Guide version 6 fourth edition. Vol.2, Cary NC: SAS Institute Inc. Pp.846
- 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 9/2013)
- Seguí, E; Blanco F. y Machado, H. 1998 Selección de híbridos promisorios de *Panicum maximum* Jacq. para el período poco lluvioso. *Pastos y Forrajes*. 21:205.
- 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, pp 13-21
- Silva, R. N.; Monteiro, N.V.; Alcanfor, J.X.; Assis, E.M.; Asquier, E.R. 2003. Comparison methods for the determination of reducers sugars and total honey. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 23, n. 3, <http://www.scielo.br> (Consulta 11/2014)
- Tieszem L.L. 1983. Photosynthetic systems: Implications for agroforestry. In: P.A. Huxley (ed.). Plant research and agroforestry. ICRAF, Nairobi. p.323-46.
- Tilley, J.M. and Terry, R.L. 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forecrop crops. *J.Br. Grassland Soc.* 18:104-111

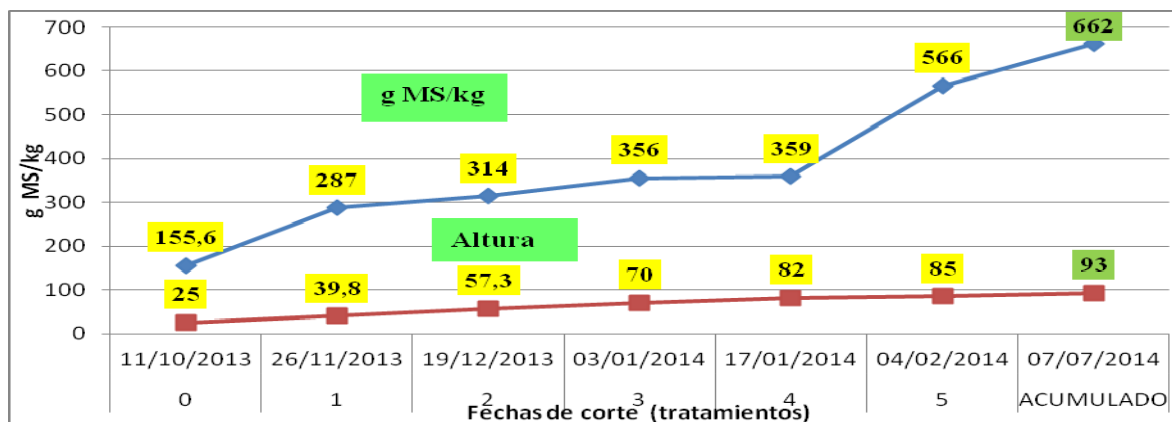
- Toll Vera, J.R.; Martín, G.O.(h); Lagomarsino, E.D., Fernández, M.M. y Nicosia, M.G. 2014. Caracterización nutricional de diferidos de gramíneas subtropicales perennes estivales en el este de Tucumán.
<http://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultura/315NEAS.pdf>. (Consulta 02/2015)
- Trasmonte, D. 2002. Análisis comparativo de los métodos de evaluación de la disponibilidad de forraje en praderas perennes y verdes de invierno de la región oeste arenoso. Cuaderno de AACREA.
http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/61-disponibilidad.htm (Consulta 06/2014)
- 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
- Vanenciano, J.H y Frgerio, K.L. 2003. Efecto de la defoliación de primevara-verano sobre los rendimientos, composición de la materia seca y contenido proteico del material diferido de megatérmicas. RIA 32 (1): 5-15 ISSN 0325 - 8718
- Van Soest, P.J.; Mertens, D.R y Deinum, B. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forages. *Journal of Animal Science* 47:712-720.
- Van Soest, P.J 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476p.
- Van Soest, P.J; Robertson, J.B; Lewis, B.A. 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.
- Van Soest PJ, 2012. Effect of environment and quality of fibre on the nutritive value of crop residues. <http://www.fao.org/wairdocs/ilri/x5495e/x5495e06.htm> Consultado: 12/2014.
- Van Soest PJ 2014. Evaluación de forrajes y calidad de los alimentos para rumiantes. <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse2/minisite/pdf/Calidad%20de%20Alimentos%20para%20Rumiantes/articulo%20Van%20Soest.pdf> (Consultado 4/2015)
- Venegas, L. 1971. Resumen sobre algunos aspectos silviculturales del *Alnus jorullensis*. III Foro de Corporaciones Forestales. Manizales, Colombia 5Pp.
- Wilson, J. R. y Mertens, D. R. 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science*, 35: 251–259.
- Yrausquín, X.E; Alejandra Páez, A; Villasmil, J.J y Urdaneta, M. 1995. Comportamiento fisiológico del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq-.) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. 1. Distribución de biomasa y análisis de crecimiento. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 1995, 12: 313 - 323
- Zadoks, J.C.; Chang, T.T. y Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-21.

Anexo I (Experimento de corte en invernadero –INTA Bordenave-)

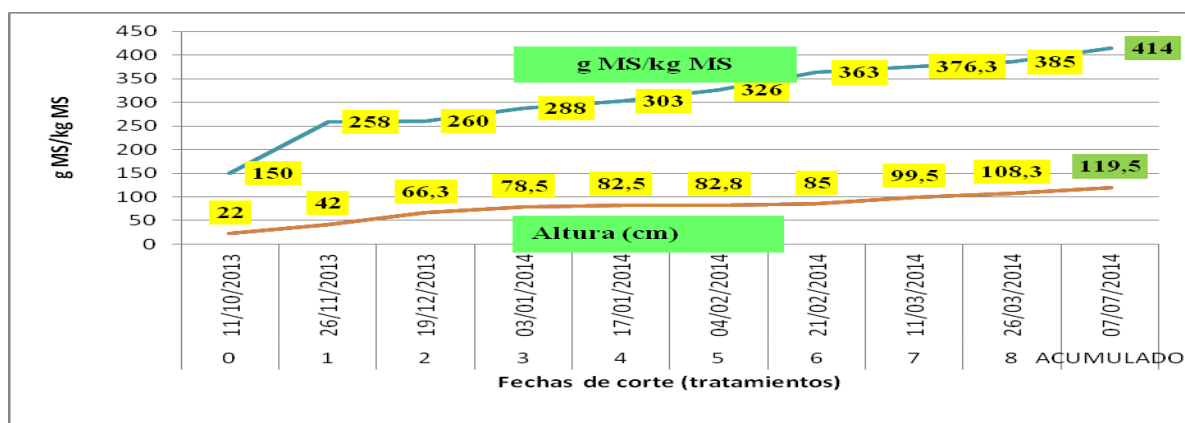
Curvas de crecimiento (invernadero)

(g MS/kg MV)

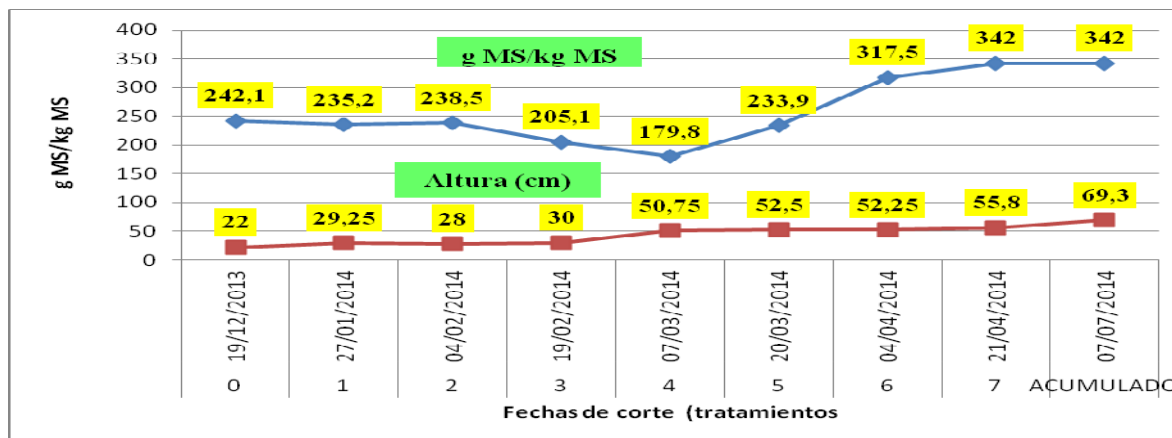
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-

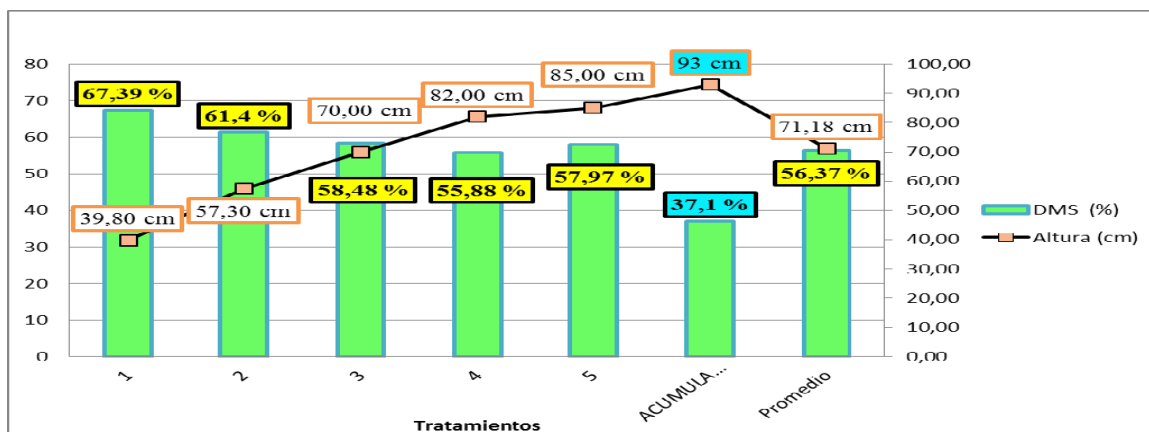


Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-

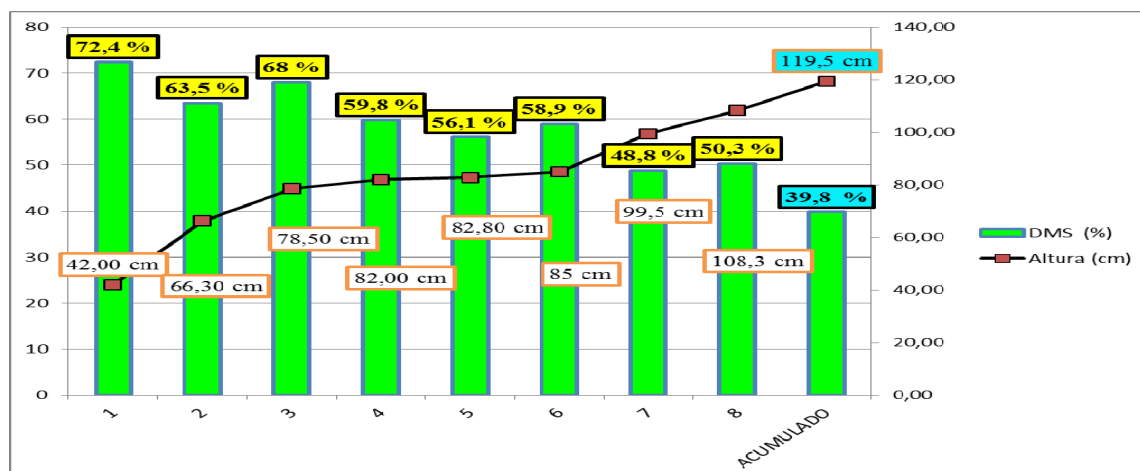


Digestibilidad de la MS (invernadero)

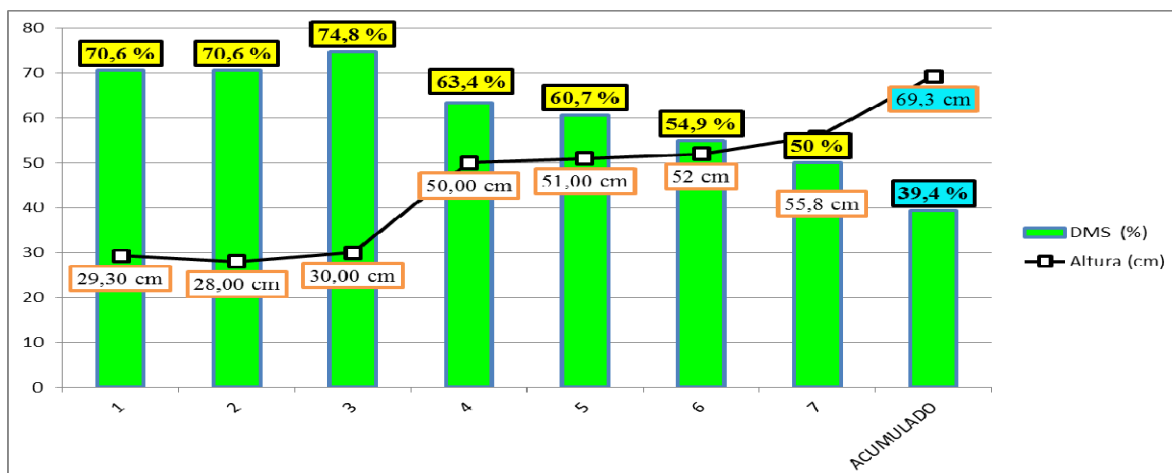
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-

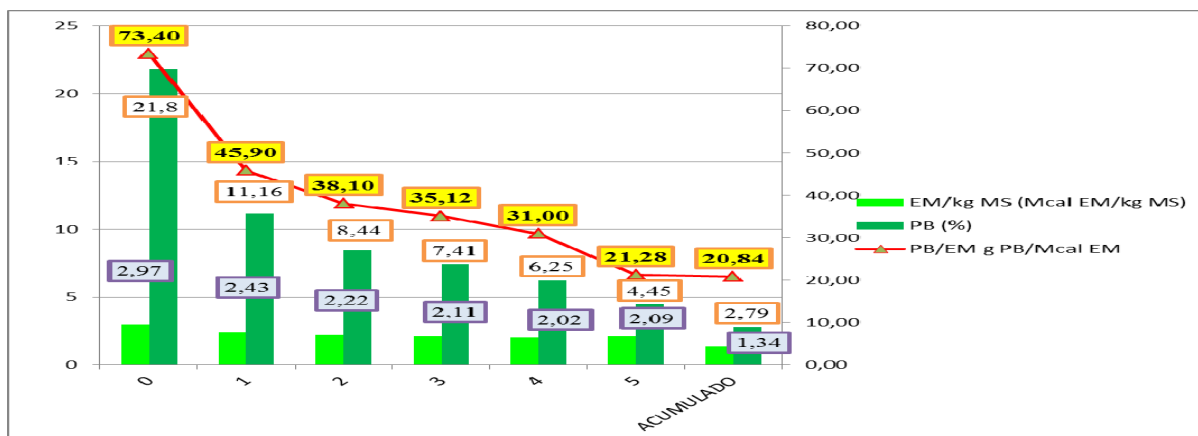


Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-

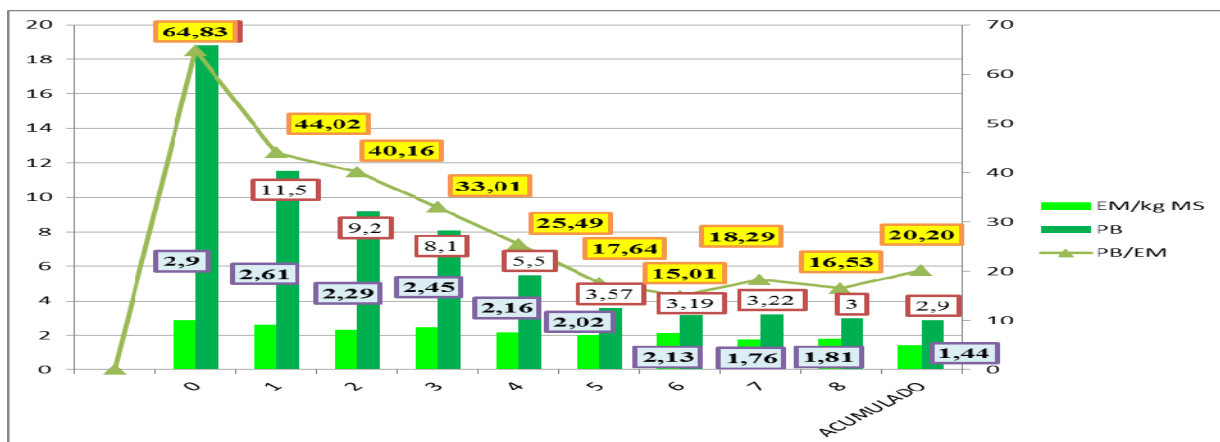


Relación PB/EM (invernadero)
(g PB/Mcal EM)

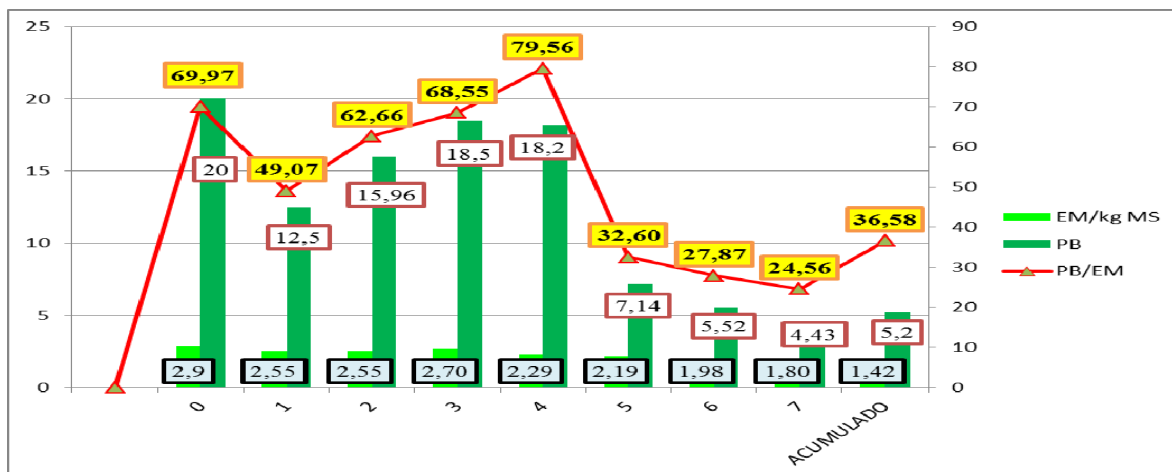
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-



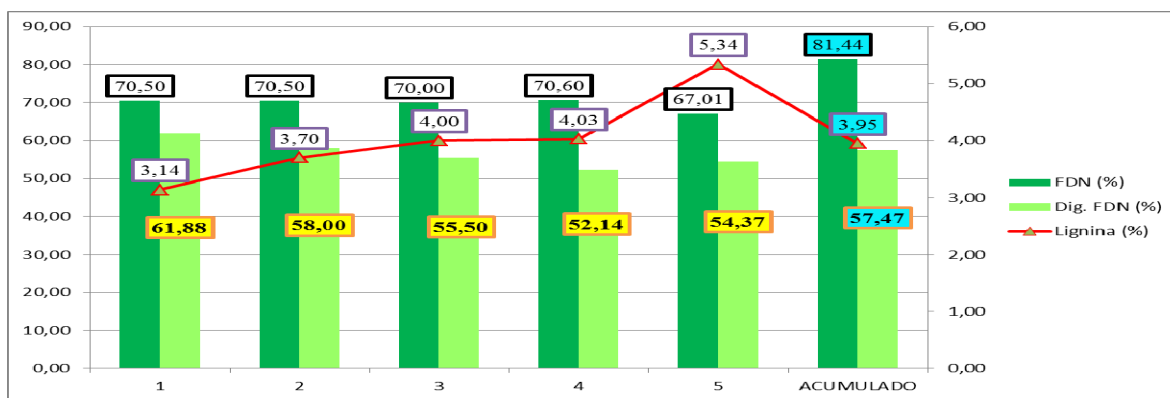
Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-



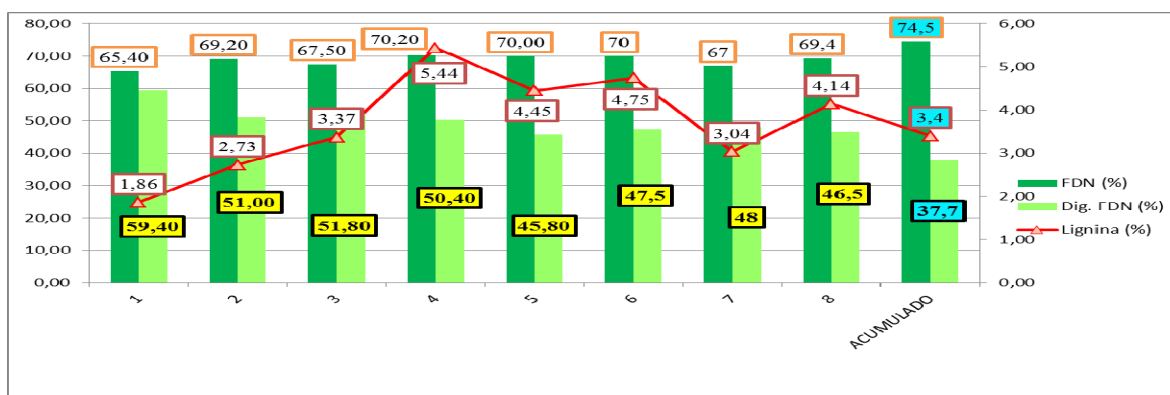
Niveles de FDN, FDN digestible y lignina (invernadero)

(% de la MS)

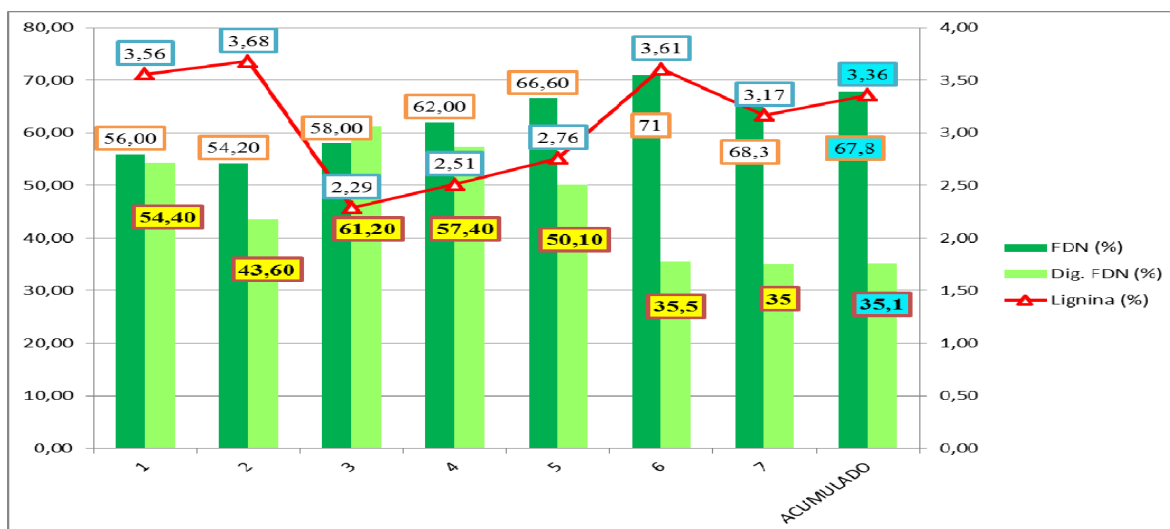
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-



Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-

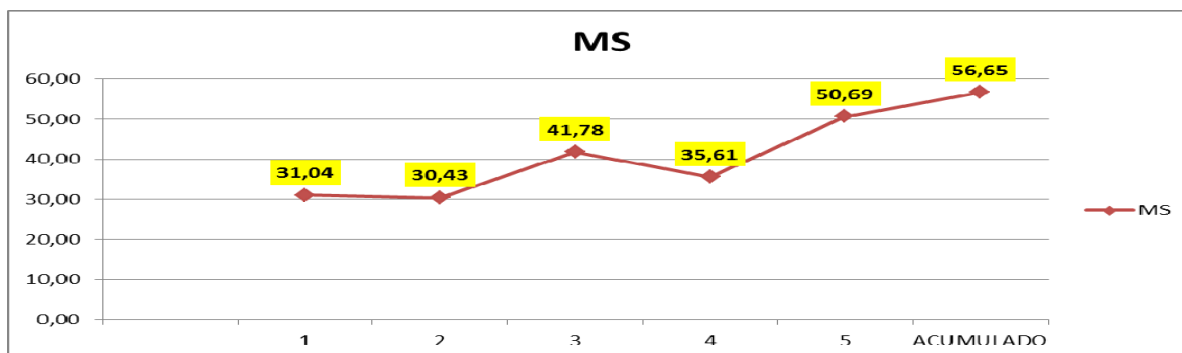


Rebrotes

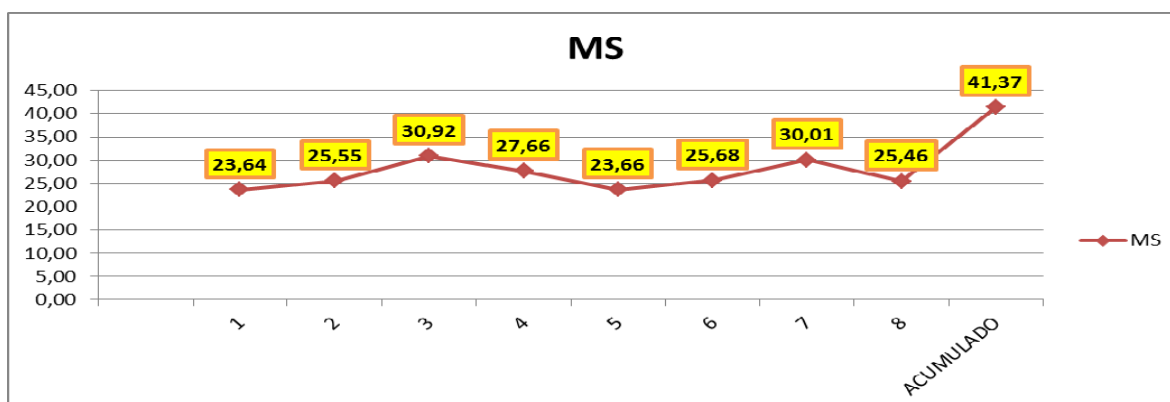
Curva de crecimiento de la MS (invernadero)

(Promedio de los rebrotes de cada tratamiento)

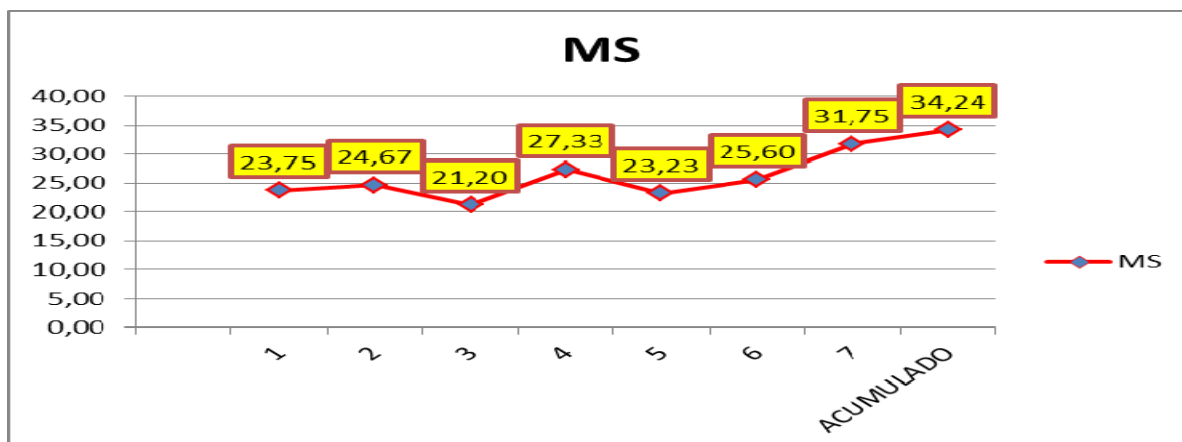
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-



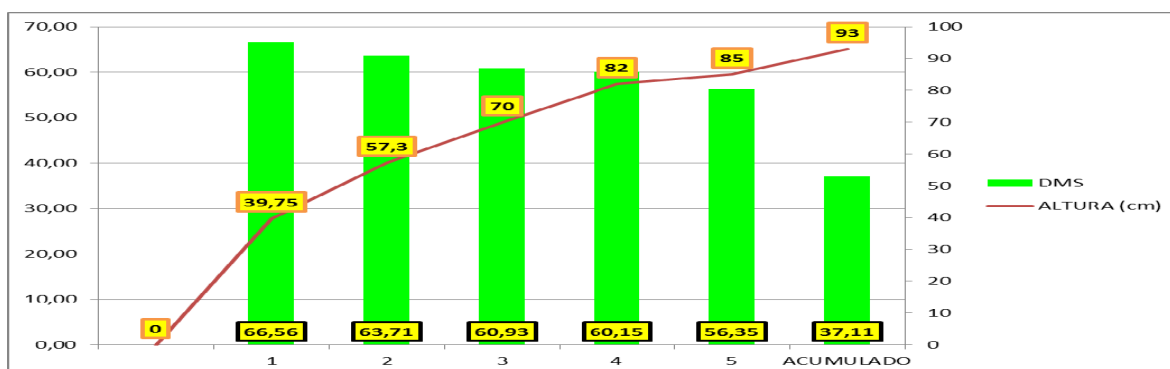
Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-



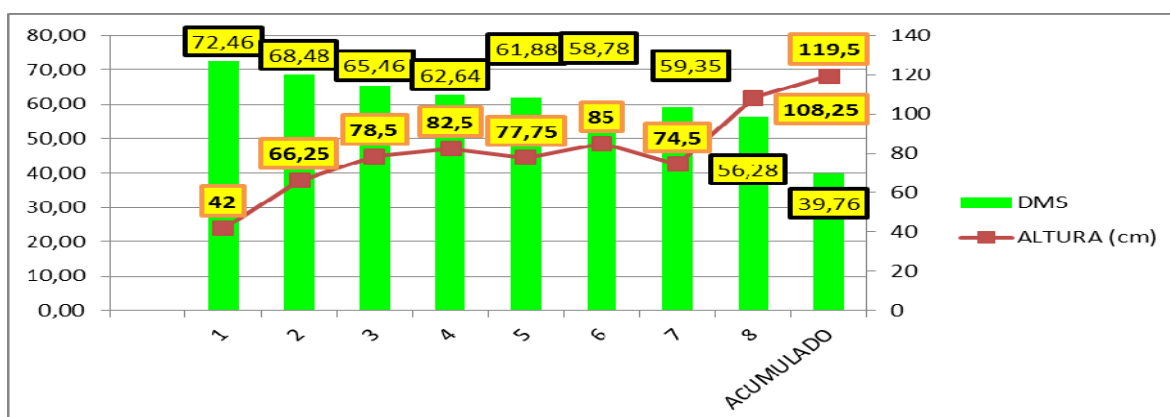
Rebrotes

Digestibilidad de la MS (invernadero)

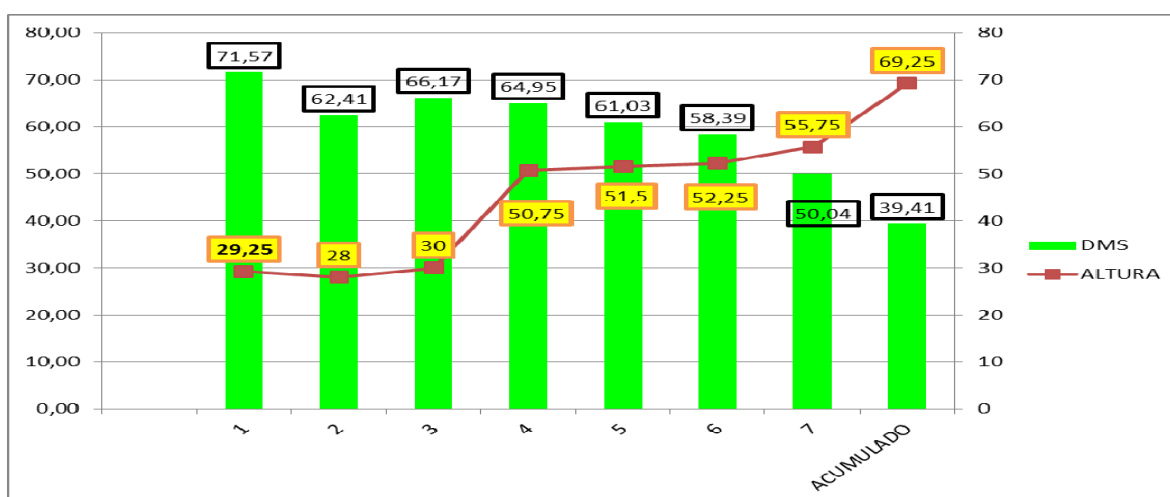
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-

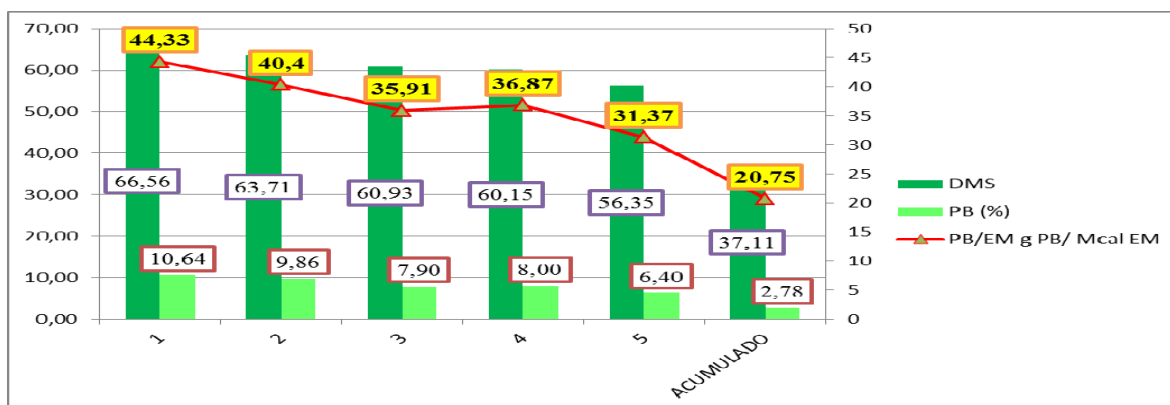


Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-

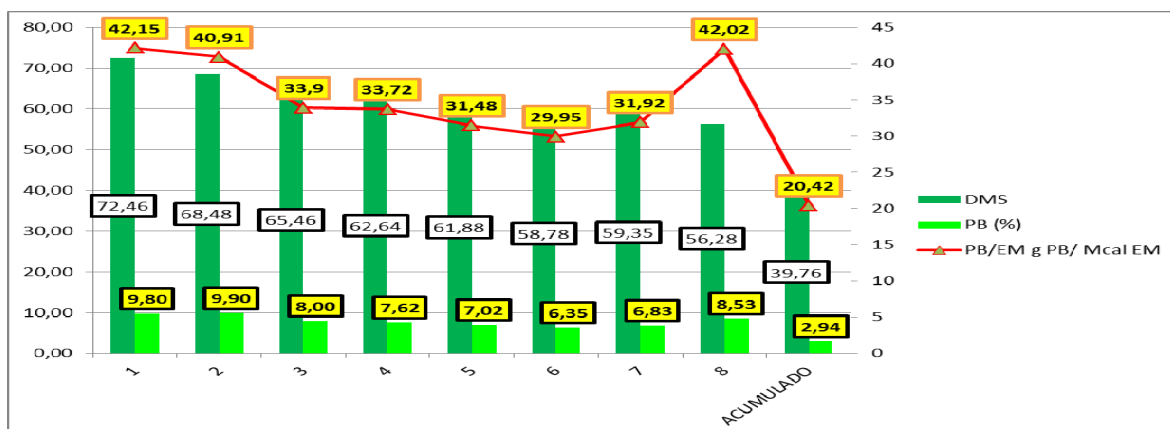


Rebrotos
Relación PB/EM (invernadero)
 (g PB/Mcal EM)

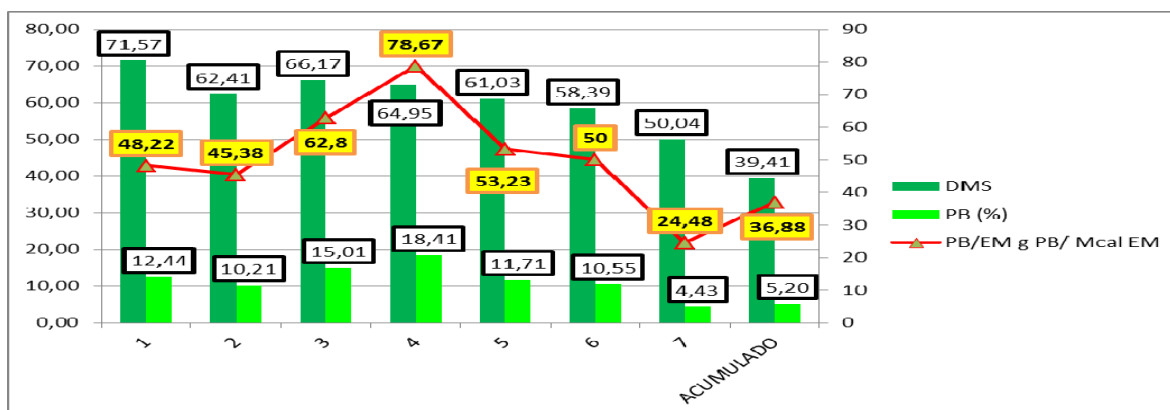
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-



Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-

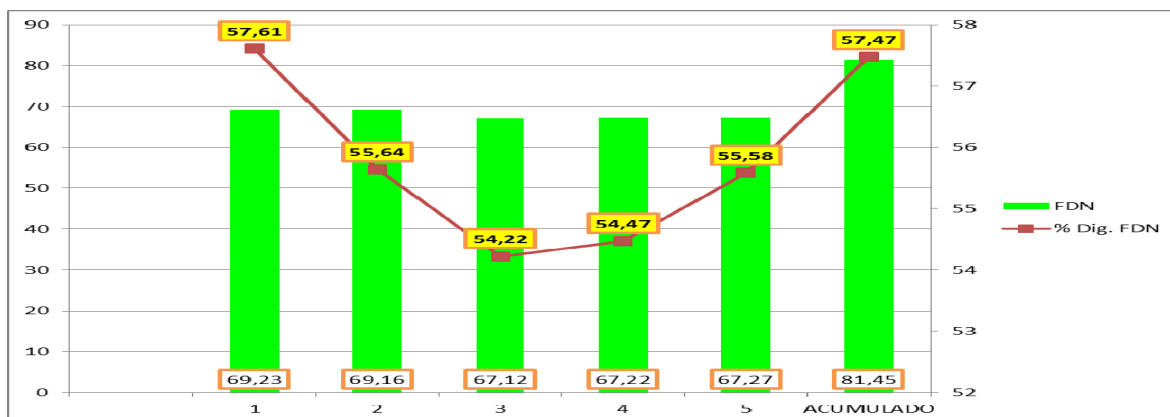


Rebrotes

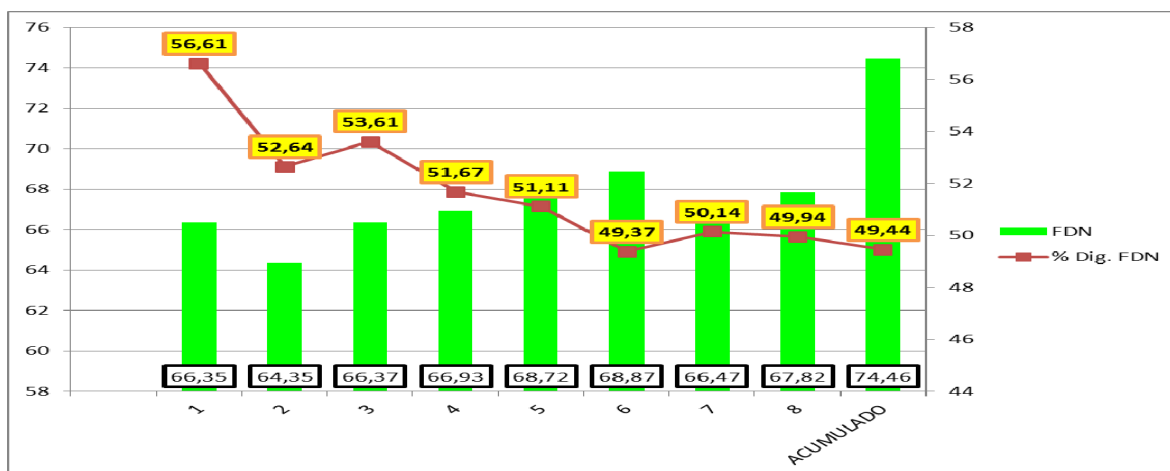
Niveles de FDN, FDN digestible y lignina (invernadero)

(% de la MS)

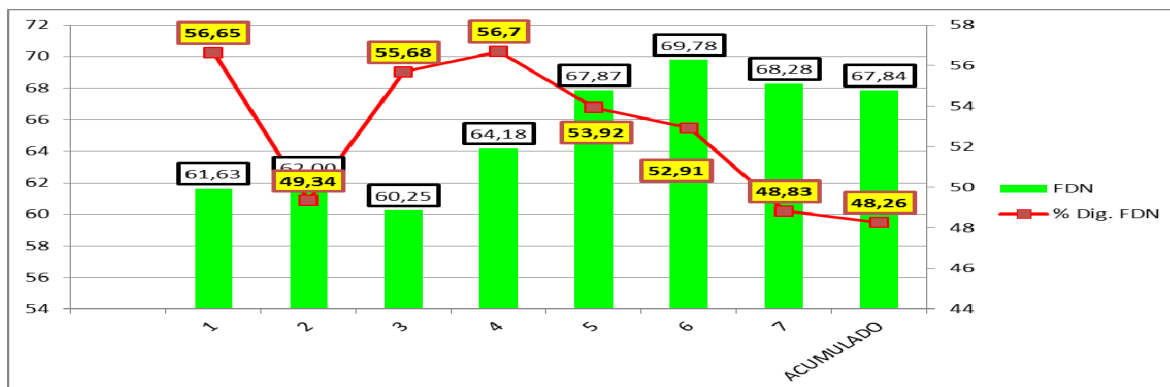
Panicum coloratum (Mijo perenne cv. Verde) –Argentina-



Panicum maximum (Gatton panic) –Argentina-



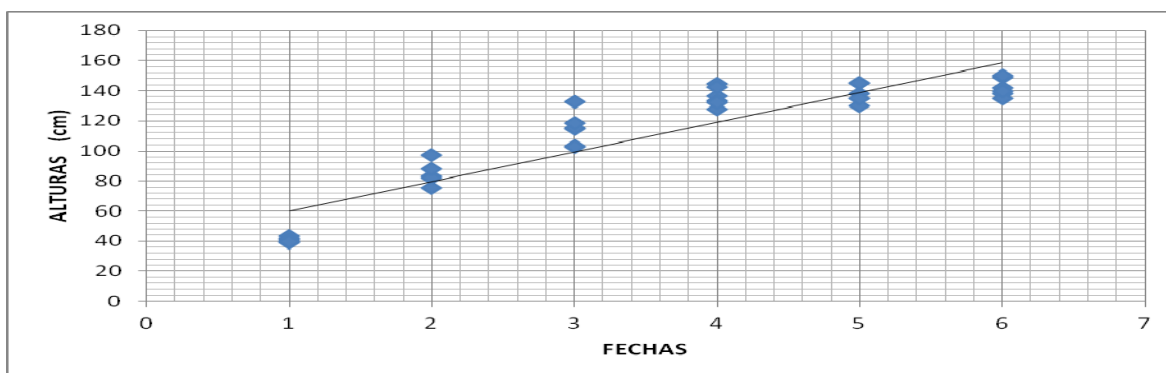
Panicum maximum (Guinea likoni) –Cuba-



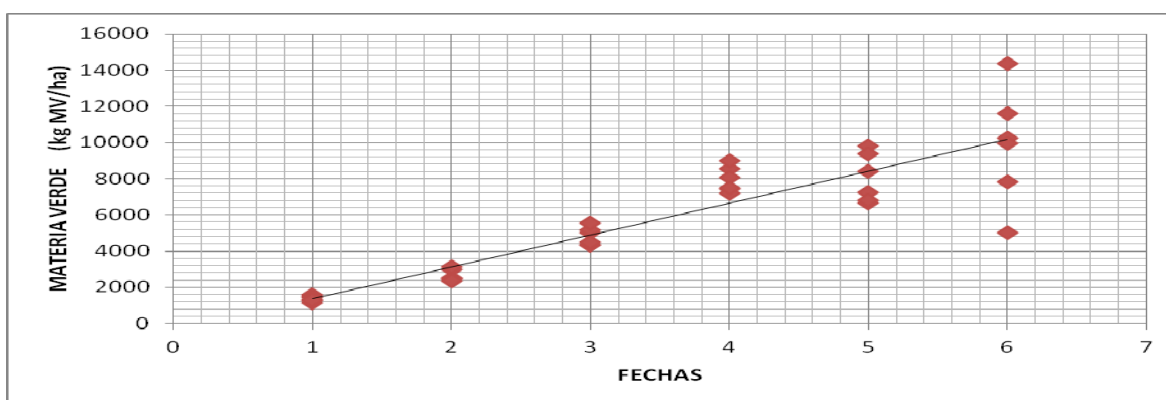
Anexo II

Experimento de corte del Guinea likoni “bajo Leucaena” en Indio Hatuey

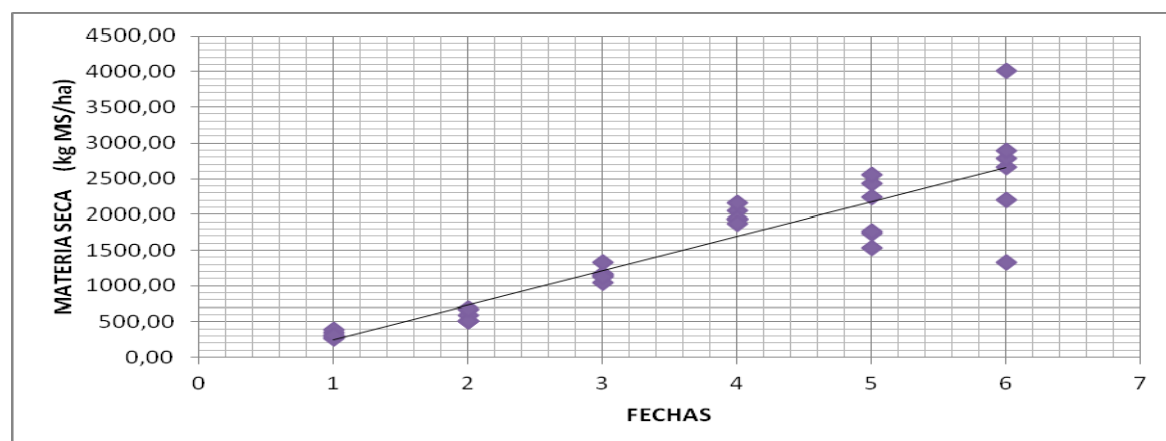
Evolución de la **Altura** respecto a la fecha de corte



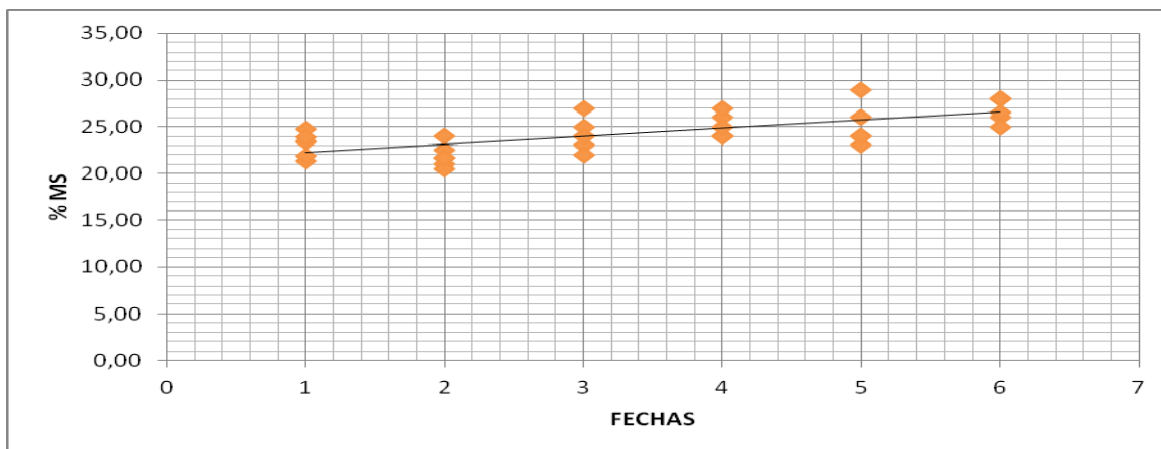
Evolución de la producción de **Materia Verde** respecto a la fecha de corte



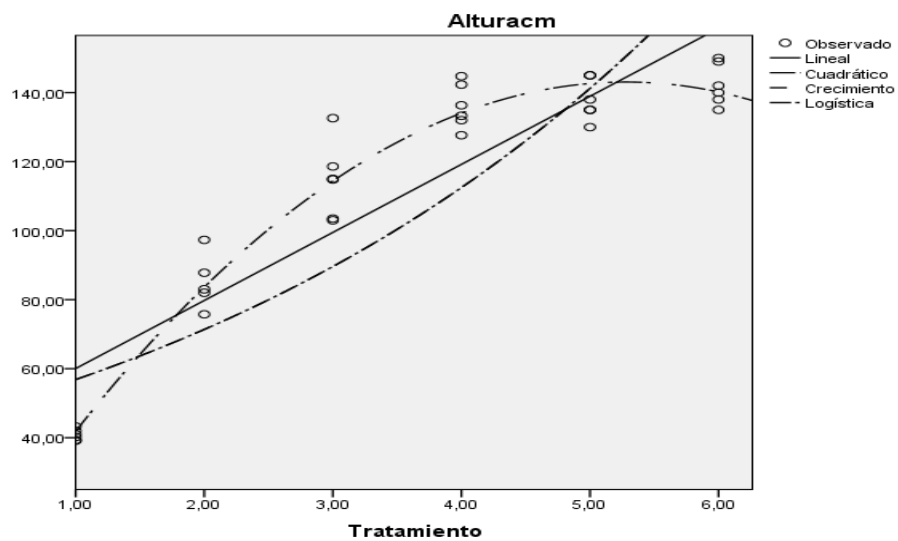
Evolución de la producción de la **Materia Seca** respecto a la fecha de corte



Evolución del % de Materia Seca respecto a la fecha de corte



Salida estadística (Ensayo de corte I. Hatuey)

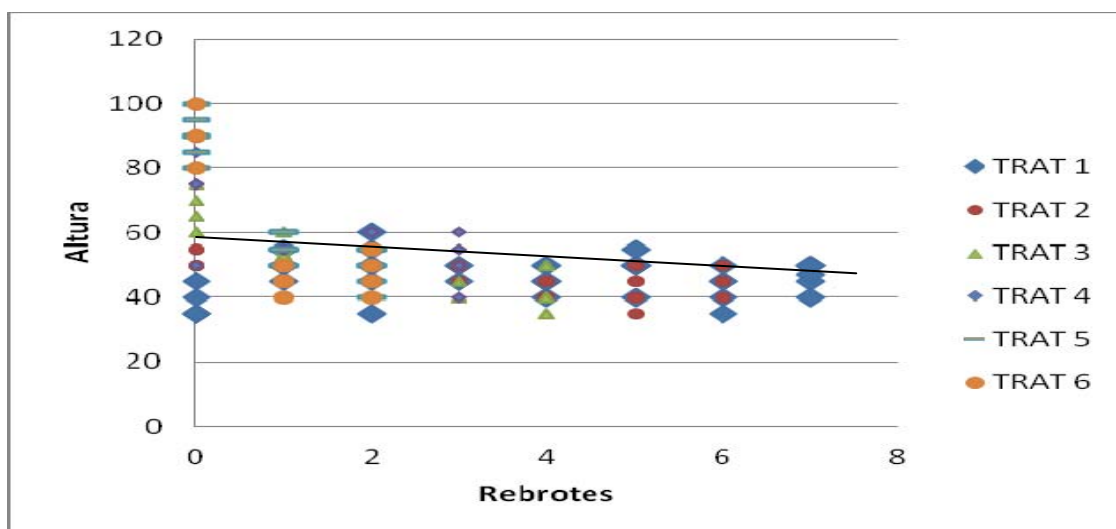


Anexo III

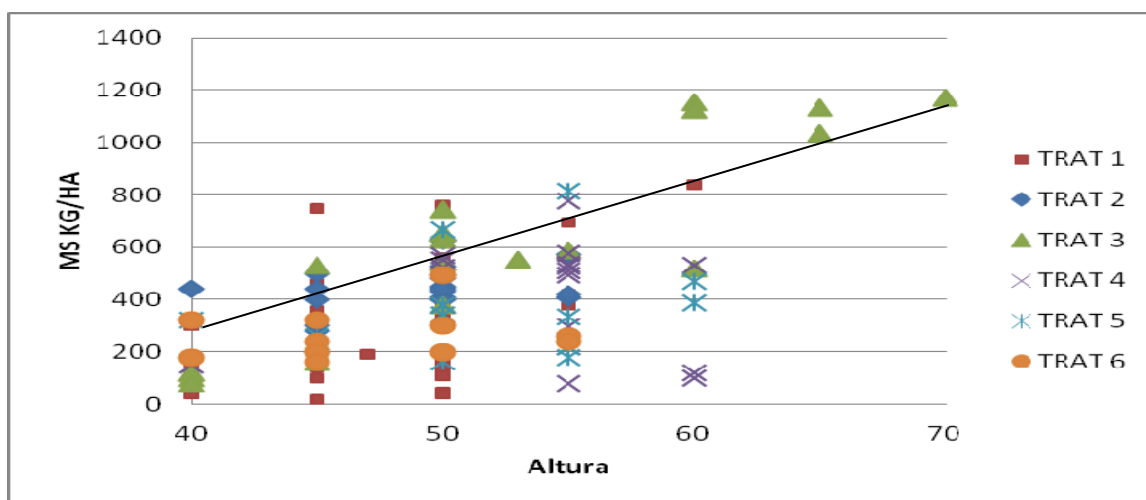
Ensayo de Corte del Guinea likoni en el ICA (Cuba)

(salida estadística)

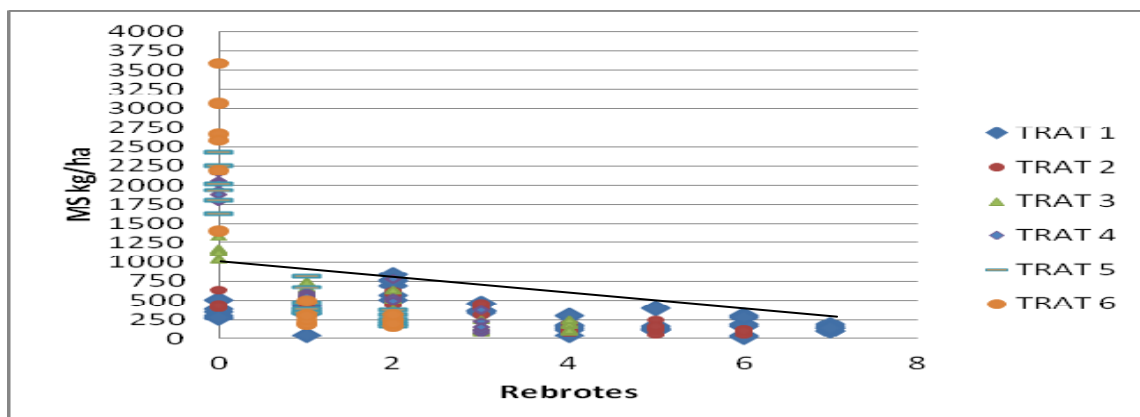
Evolución de las alturas del Guinea likoni en los diferentes rebrotes por tratamientos



*Evolución de la **Producción de MS** del Guinea likoni con las **alturas** por tratamientos*

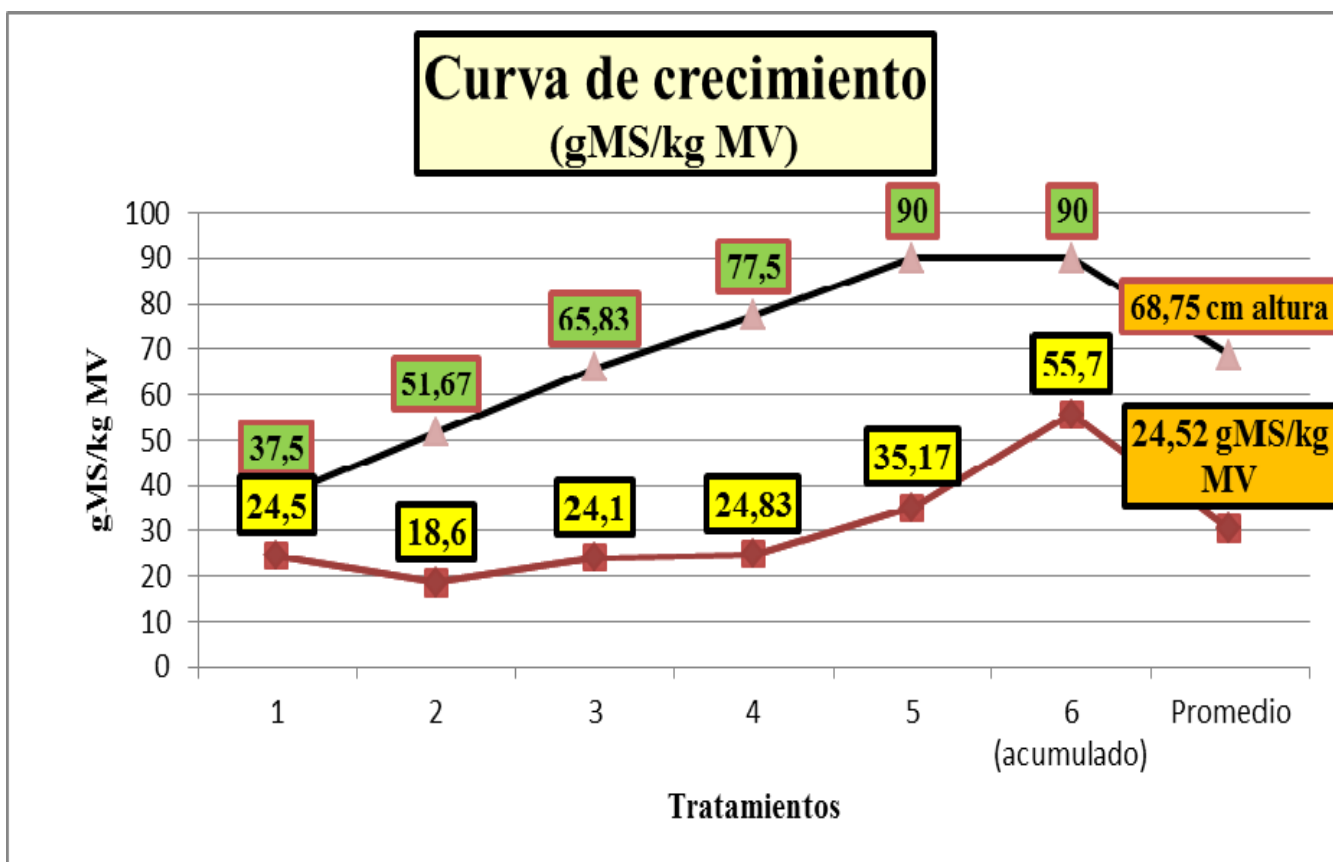


Evolución de la **Producción de MS** del Guinea likoni en los diferentes **rebotes** por tratamientos

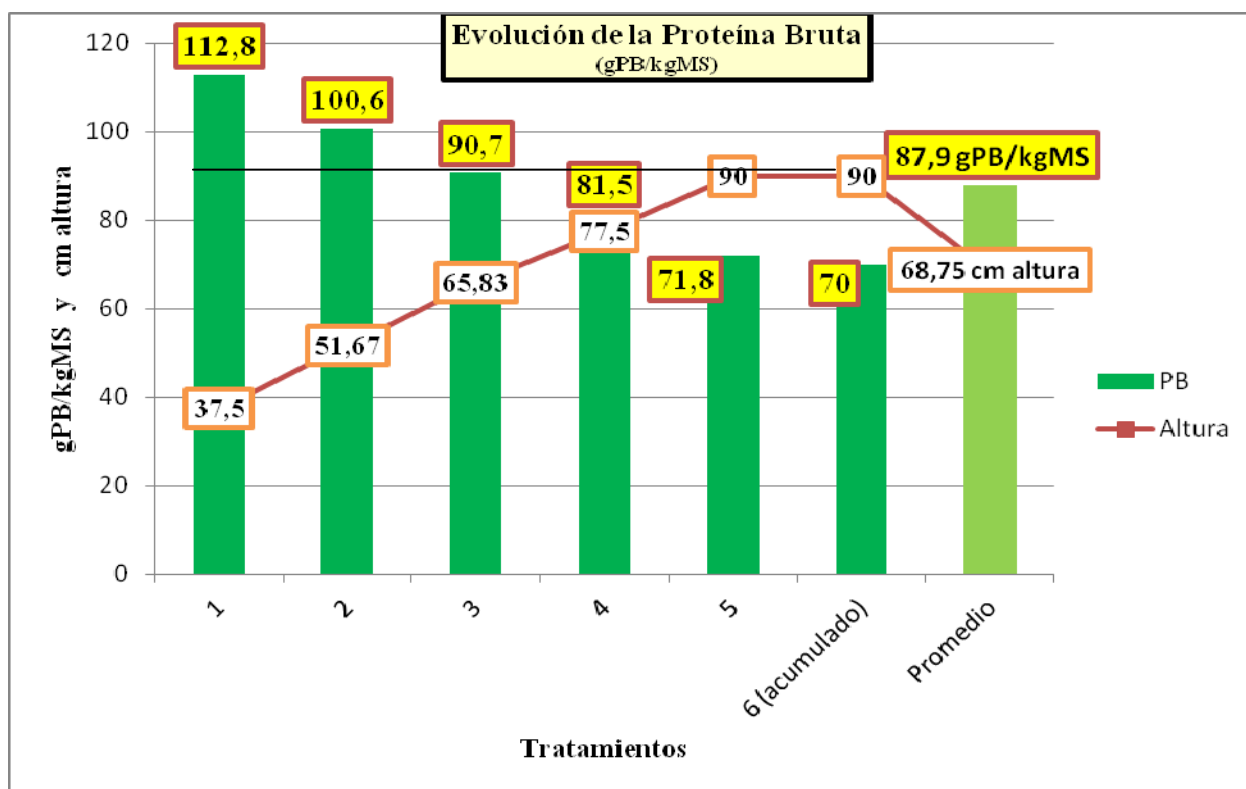


Curva de crecimiento del Guinea likoni (g MS/kg MV)

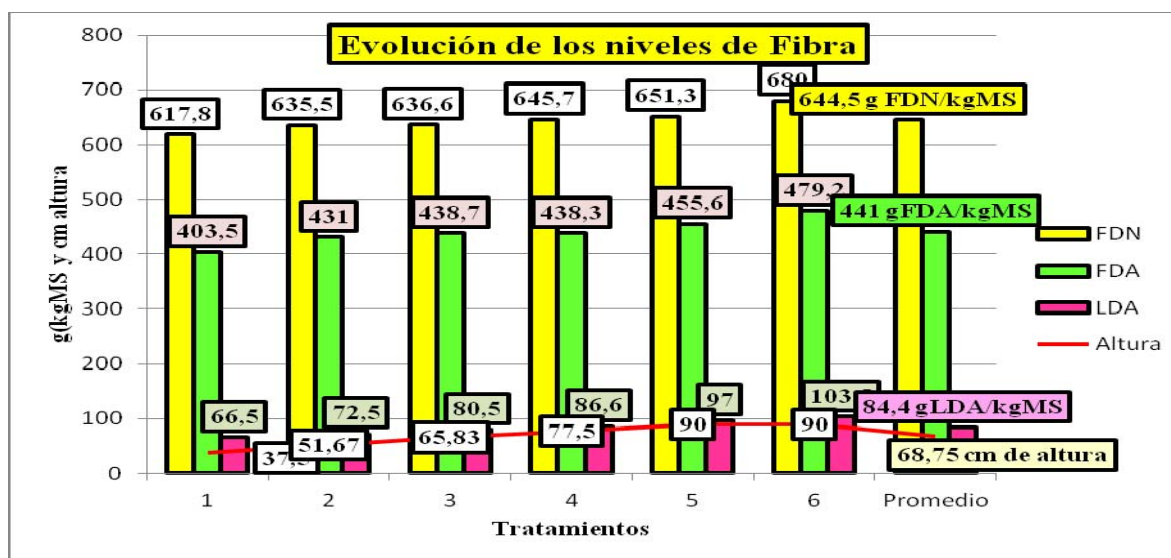
Ensayo de Corte en el ICA (Cuba)



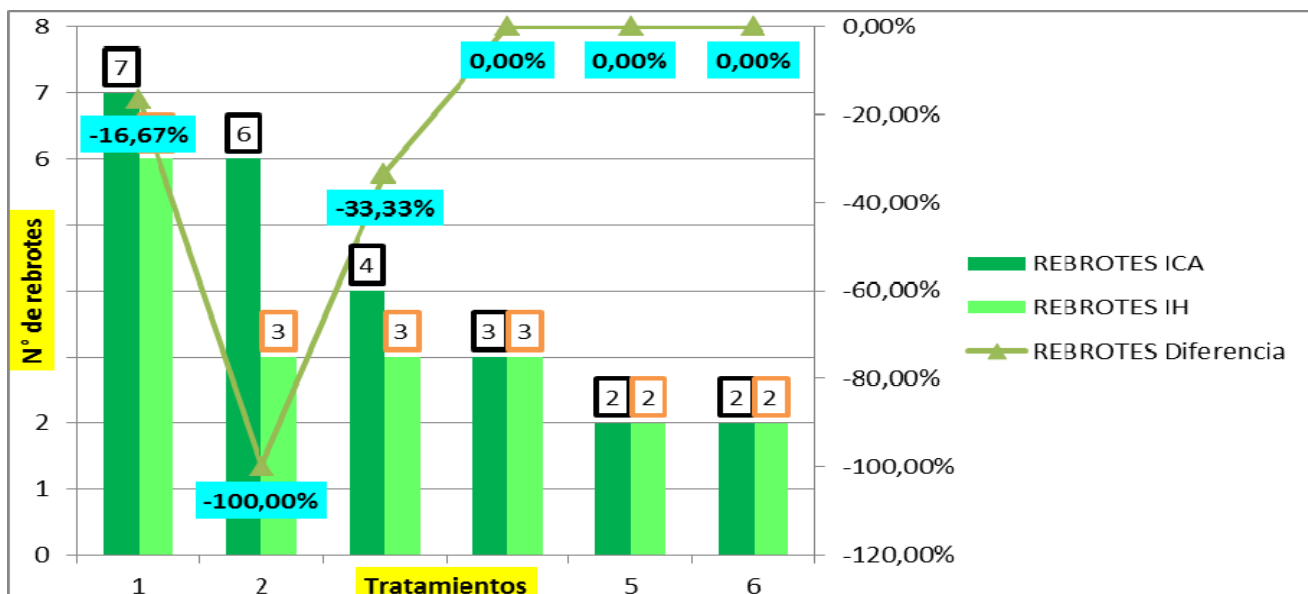
Evolución de los niveles de PB (g PB/kg MS) del Guinea likoni en las diferentes alturas por tratamientos



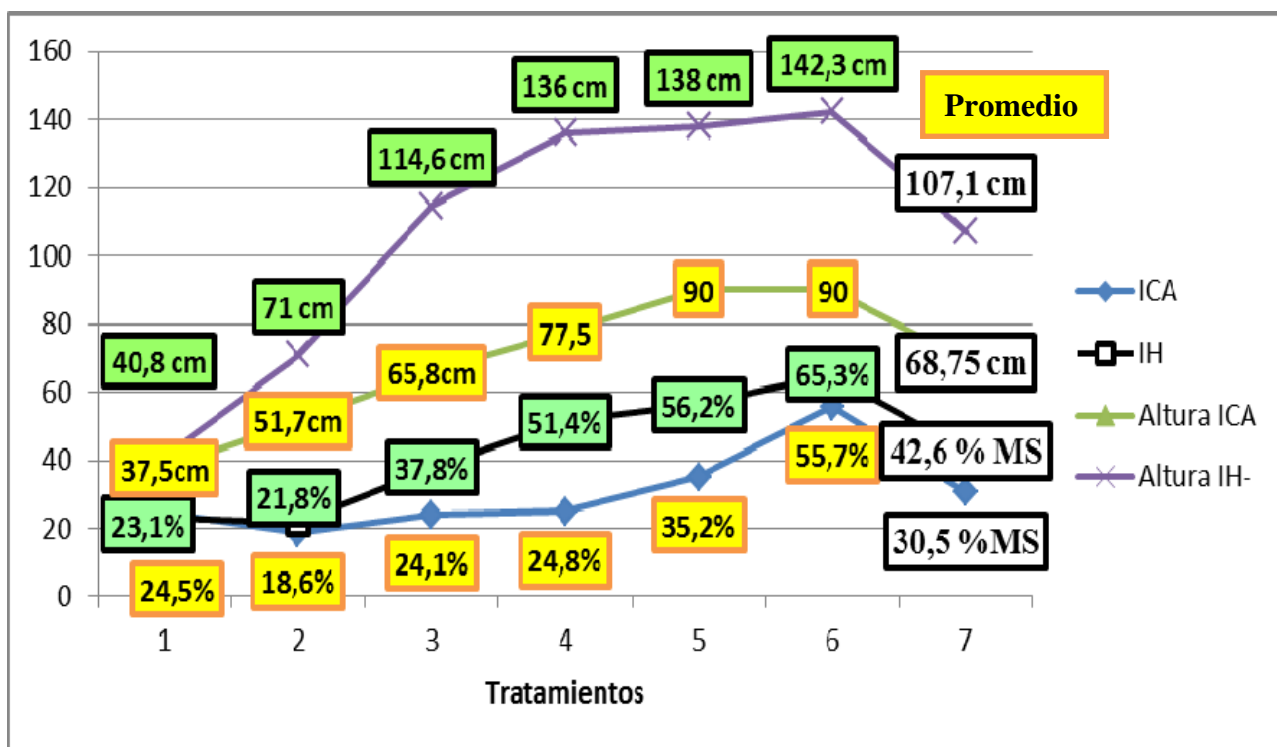
Evolución de los niveles de Fibra (g FDN/kg MS) o (g FDA/kgMS) o (gLDA /kg MS) del Guinea likoni en las diferentes alturas por tratamientos



Número de Rebrotos de los ensayos de corte del ICA e Indio Hatuey



Evolución de la Materia Seca (%) y alturas del Guinea del ICA e Indio Hatuey



Anexo IV

***Estudio de Radiaciones solares (Radiómetro) y parámetros fenológicos
en el Ensayo campo con Mijo perenne (Argentina)***

Tratamiento	Fecha de muestreo y hora	Sobre canopeo	Bajo canopeo (intercepción de forraje)	Observaciones
<u>T-1</u> (MTsc) (testigo)	16/12/2014 11:00 am	1870 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	1400 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo c/madurez Fisiológica altura 82.6 \pm 2.51 cm (RALO) con Paja voladora \pm 35 cm altura. Baja interferencia de los rayos solares.
	07/01/2015 10:30 am	1700 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	1100 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo (grano lechoso-pastoso) con \pm 40% de hojas verdes y \pm 60 material seco. Presencia de 20% de vicia totalmente seca, altura 89.4 \pm 2.3 cm. Moderada interferencia de los rayos solares.
	11/02/2015 11:30 am	1600 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	1150 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo sin grano (dehiscencia), con 70% de hojas verdes \pm 30 material seco, altura 92 \pm 3.67 cm. Baja interferencia de los rayos solares.
<u>T-2</u> (MTsc+V)	16/12/2014 10:30 am	1660 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	670 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo c/ madurez Fisiológica con \pm 40% de hojas verdes y \pm 60% material seco, con altura 83.8 \pm 2.17 cm + Vicia villosa formando chaucha (70% hojas verdes y 30% de material seco, formando chauchas) con \pm 65 cm altura (enredadera). Alta interferencia de los rayos solares.
	07/01/2015 10:00 am	1290 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	365 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo (grano lechoso-pastoso) con \pm 40% de hojas verdes y \pm 60% material seco, altura 64.8 \pm 2.05 cm + Vicia villosa formando chaucha (5% hojas verdes y 95% de hojas secas con grano formado) con \pm 65 cm altura (enredadera). Alta interferencia de los rayos solares.
	11/02/2015 11:00 am	1660 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	280 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo sin grano (dehiscencia), con 70% de hojas verdes \pm 30 material seco, altura 84 \pm 8.94 cm. Vicia totalmente seca, los animales NO la consumen. Muy alta interferencia de los rayos solares.
	12/03/2015 14:05	1620 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	190 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Rebrote vigoroso del Mijo, altura 90 cm. Vicia totalmente seca. Muy alta interferencia de los rayos solares.

<u>T-3</u> (MMsc)	16/12/2014 11:00 am	1.850 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	1050 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo c/madurez Fisiológica con $\pm 70\%$ de hojas verdes y 30% material seco + R. Grass seco (± 80 cm altura). Moderada interferencia de los rayos solares.
	07/01/2015 11:40 am	1800 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	1170 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo (grano lechoso-pastoso) con $\pm 40\%$ de hojas verdes ± 60 material seco, altura 68.4 ± 2.07 cm y R.G. totalmente seco, altura ± 40 cm. Moderada interferencia de los rayos solares.
	11/02/2015 11:40 am	1.780 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	800 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo sin grano (dehiscencia), el cual fue librado 70% de hojas verdes ± 30 material seco, altura 76 ± 4.18 cm. Ray Grass totalmente seco. Alta interferencia de los rayos solares.
	12/03/2015 12:10	1536 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	670 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Idem
<u>Tratamiento</u> <u>4</u> (MMcc+R)	16/12/2014 10:50 am	1730 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	960 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo c/madurez Fisiológica altura 76.2 ± 11.39 cm ($\pm 70\%$ de hojas verdes y $\pm 30\%$ hojas secas) + Paja voladora ± 35 cm altura. Moderada interferencia de los rayos solares.
	07/01/2015 10:00 am	1520 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	815 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo (grano lechoso-pastoso) con $\pm 40\%$ de hojas verdes y ± 60 material seco, altura 66 ± 3.08 cm + Paja voladora ± 35 cm altura. Moderada interferencia de los rayos solares.
	11/02/2015 10:10 am	1200 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	600 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Mijo sin grano (dehiscencia), el cual fue librado 70% de hojas verdes ± 30 material seco, altura 73 ± 8.37 cm Moderada interferencia de los rayos solares.
	12/03/2015 12:20	1560 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	670 $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$	Idem