

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**Instituto de Ciencias Agrícolas**



**IDENTIFICACION DE UN SISTEMA CONTINUO DE  
PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN LAS ESTACIONES DE  
INVIERNO A VERANO MEDIANTE LA PRÁCTICA DE SOBRE  
SIEMBRA E IDENTIFICACIÓN DE TASAS DE CRECIMIENTO  
EN PASTOS C3 Y C4**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA:**

**MARTIN CARMONA VICTORIA**

**DIRECTOR DE TESIS  
Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora**

Esta tesis se realizó bajo la dirección del Consejo Particular indicado, la cual ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Consejo Particular

---

DR. ENRIQUE GILBERTO ALVAREZ ALMORA  
DIRECTOR

---

DR. ALFONSO HERNANDEZ GARAY  
SINODAL

---

DRA. NOEMI GUADALUPE TORRENTERA OLIVERA  
SINODAL

---

DR. LEONEL AVENDAÑO REYES  
SINODAL

---

DR. DAVID CALDERÓN MENDOZA  
SINODAL

Mexicali, B. C.

Mayo 2014

## AGRADECIMIENTOS

Al consejo nacional de ciencia y tecnología CONACyT por la beca asignada

A la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), a el Instituto de Ciencias agrícolas (ICA) por las facilidades proporcionadas durante mi formación.

Al Dr. Enrique Álvarez Almora por el apoyo brindado durante mi paso por estas etapas de mi formación profesional.

A la Dra. Noemí, al Dr. Leonel Avendaño por su apoyo y confianza al formar parte de mi comité.

Al Dr. Alfonso Hernández Garay por su amistad y apoyo durante mi estancia en el COLPOS y por su participación en mi comité de doctorado.

A los profesores del ICA encargados de las materias que curse durante mi doctorado.

A la encargada del laboratorio de Nutrición Animal, Juanita, y la secretaria de posgrado Sandra por su apoyo durante el desarrollo de mis estudios.

Al Rambo por su apoyo y amistad durante todos estos años.

A Ken, Ed, Francisco y Julie por su apoyo y amistad a pesar de la barrera del idioma.

A los trabajadores del ICA encargados de las diferentes áreas de trabajo les agradezco por brindarme su apoyo y amistad durante mi estancia.

A mis compañeros de posgrado y licenciatura que me ofrecieron su amistad y apoyo.

A mi familia; padres y hermanos por su apoyo y confianza en mí.

## DEDICATORIA

Esta Tesis está dedicada a todas aquellas personas que consciente o inconsciente mente pongan en sus manos la misma con la intención de leerla para poder satisfacer alguna necesidad, ya sea de conocimiento o de ocio el cual pueda ser resuelto por medio del contenido de dicho escrito.

Y a mí.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA.....	IV
CONTENIDO.....	V
INDICE DE CUADROS .....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	VIII
RESUMEN .....	1
ABSTARCT .....	3
INTRODUCCION .....	5
REVISION DE LITERATURA.....	7
1. Generalidades .....	7
a. Pasto bermuda ( <i>Cynodon dactylon</i> ).....	7
b. Ballico anual ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam) .....	7
c. <b>Avena</b> ( <i>Avena sativa</i> ). .....	8
d. <b>Zacate Klein</b> ( <i>Panicum coloratum</i> ).....	8
<b>2. Factores determinantes en la adaptación y crecimiento de las pasturas</b> .....	9
a. <b>Ambientales</b> .....	9
i. <b>Temperatura</b> .....	9
ii. <b>Fotoperiodo</b> .....	10
b. <b>Agronómicos</b> .....	11
c. <b>Fertilización</b> .....	12
<b>3. Utilización de las pasturas cultivadas</b> .....	13
a. <b>Dinámica y crecimiento.</b> .....	13
i. <b>Rendimiento de biomasa</b> .....	13
ii. <b>Tasas de crecimiento</b> .....	14
b. <b>Corte y pastoreo</b> .....	14
c. <b>Uso óptimo de las pasturas</b> .....	15
i. <b>Métodos de pastoreo</b> .....	15
ii. <b>Establecimiento y persistencia</b> .....	16
a. <b>Edad de la planta</b> .....	17
<b>4. Valor nutricional de las pasturas</b> .....	19
EXPERIMENTO 1. Evaluación agronómica de ballico anual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) y avena ( <i>Avena sativa</i> ) sembrados en una pradera de bermuda gigante ( <i>Cynodon dactylon</i> ).....	21
MATERIALES Y METODOS .....	21
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	23
<b>Producción de forraje</b> .....	23
<b>Tasa de crecimiento</b> .....	26
<b>Composición química</b> .....	28
Conclusiones del experimento.....	32
EXPERIMENTO 2. Determinación de las Tasas de Crecimiento, Acumulación de Nutrientes y Calidad Nutricional del Zacate Klein ( <i>Panicum coloratum</i> ) en el Valle de Mexicali. ....	33
INTRODUCCION.....	33

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	33
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	34
Conclusión del experimento .....	41
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	41
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	42
<b>PUBLICACIONES ARBITRADAS</b> .....	53
Applicability of Predictive Equations for Alfalfa Quality to Southwest USA and Northern Mexico.....	53
Evaluación agronómica de ballico anual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) y avena ( <i>Avena sativa</i> ) sembrados en una pradera de bermuda gigante ( <i>Cynodon dactylon</i> ) .....	68
<b>INTRODUCCION</b> .....	69
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	71
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	73
<b>CURRICULUM VITAE</b> .....	87

## INDICE DE CUADROS

Experimento 1. Evaluación agronómica de ballico anual (*Lolium multiflorum*) y avena (Avena sativa) sembrados en una pradera de bermuda gigante (*Cynodon dactylon*)

**Cuadro 1.** Producción de MS por especie y total (kg MS ha<sup>-1</sup>) de bermuda gigante (BG), ballico anual (BA) y avena (AV) en las diferentes combinaciones durante el periodo de estudio.....25

**Cuadro 2.** Tasa de crecimiento (TC) (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) total y por especie de las diferentes especies que integran la asociación: bermuda gigante (BG), ballico anual (BA), avena (AV) y ambas y otras especies (Otro).....27

**Cuadro 3.** Porcentaje de proteína, MS digestible y fibra detergente neutra por especie en las diferentes asociaciones de bermuda gigante (BG), ballico anual (BA) y avena (AV).....30

**Cuadro 4.** Rendimiento de proteína cruda (kg de PC ha<sup>-1</sup>), MS digestible (kg MS digestible ha<sup>-1</sup>) y fibra detergente neutro (kg FDN ha<sup>-1</sup>) por especie y combinadas de las diferentes asociaciones de bermuda gigante (BG), ballico anual (BA) y avena (AV).....31

Experimento 2. Determinación de las Tasas de Crecimiento, Acumulación de Nutrientes y Calidad Nutricional del Zacate Klein (*Panicum coloratum*) en el Valle de Mexicali

**Cuadro 1.** Relación Hoja-Tallo del pasto Klein durante ocho semanas en los cuatro periodos de estudio.....39

**Cuadro 2.** Numero de tallos por metro cuadrado del pasto Klein durante ocho semanas en los cuatro periodos de estudio.....40

## INDICE DE FIGURAS

Experimento 1. Evaluación agronómica de ballico anual (*Lolium multiflorum*) y avena (Avena sativa) sembrados en una pradera de bermuda gigante (*Cynodon dactylon*)

**Figura 1.** Datos climáticos durante el periodo de estudio del experimento. Temperatura en °C (Tmin = mínima; Tmax= máxima; Tmed=media), radiación solar (Rsol) en calorías cm<sup>-2</sup> y porcentaje de humedad relativa (HRMin=mínima; HRMax=máxima; HRMed=media).....22

**Figura 2.** Producción mensual y acumulada de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) de las diferentes especies que integran la asociación: bermuda gigante (BG), ballico anual (BA), avena (AV) y ambas.....24

Experimento 2. Determinación de las Tasas de Crecimiento, Acumulación de Nutrientes y Calidad Nutricional del Zacate Klein (*Panicum coloratum*) en el Valle de Mexicali

**Figura 1.** Producción de forraje en base materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de pasto Klein en cuatro periodos de estudio durante ocho semanas.....35

**Figura 2.** Tasas de crecimiento en kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de hoja y tallo de pasto Klein por semana y por periodo de estudio.....36

**Figura 3.** Porcentaje de digestibilidad de la materia seca, porcentaje de fibra detergente neutro y porcentaje de proteína del pasto Klein en sus componentes hoja y tallo durante ocho semanas en los cuatro periodos de estudio.....38



## RESUMEN

Es importante conocer la capacidad productiva de una especie forrajera cuando se siembra de diferente manera a la tradicional. Como primer objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad productiva del pasto ballico anual (*Lolium multiflorum*) y avena (*Avena sativa*) solas y asociadas durante el invierno e inicios de la primavera en una pradera ya establecida de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*). Las asociaciones fueron: pasto bermuda – ballico anual- avena (**BR-BA-AV**), pasto bermuda – ballico anual (**BR-BA**) y pasto bermuda – avena (**BR-AV**), y se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se determinó rendimiento de forraje, tasa de crecimiento (TC), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (D/VMS). La producción promedio de forraje por parte del ballico anual fue de 7,514 kg MS ha<sup>-1</sup> siendo superior (P<0.05) a la registrada por la avena en un 176%. El ballico anual fue superior (P<0.05) a la avena en cuanto a la producción de kg de PC (140%), kg de MS digestible (135%) y kg de FDN (190%). Esto se debió al mayor rendimiento de MS, pues aunque el porcentaje de PC y MS digestible de la avena fue superior (P<0.05) al mostrado por el ballico anual (16.7 vs 14.4% y 76 vs 74%, respectivamente), el ballico anual tuvo una producción de forraje superior al de avena. En conclusión el ballico anual es la especie que mayor respuesta productiva tiene durante el periodo de latencia del pasto bermuda. La mayor producción total se encuentra en el tratamiento BG-AV con 13,542 kg MS ha<sup>-1</sup> superando en 45 kg MS ha<sup>-1</sup> al tratamiento BG-BA-AV y 13% al tratamiento de BG-BA, sin embargo, no existe diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos en cuanto a su producción total de forraje.

el segundo objetivó de este estudio tiene que ver con la caracterización del zacate Klein (*Panicum coloratum*) en el Valle de Mexicali para determinar su fecha optima de corte, Baja California. Para este estudio se delimitaron tres sitios de 4 x 8 m dividida en 32 áreas de 1 m<sup>2</sup> para cada una de las tres estaciones de cultivo (primavera, verano y otoño), distribuidos como un diseño completamente al azar con ocho tratamientos (semanas) y tres repeticiones (sitios) por cada estación. Se cortaron cuatro muestras de 0.1 m<sup>2</sup> por sitio durante ocho semanas. Klein alcanzo hasta 6000 kg de MS ha<sup>-1</sup> durante el verano en la quinta semana que fue la estación de mayor

crecimiento ( $P < 0.05$ ). La diferencia en la producción total de materia seca ocurrió por el diferencial en la producción de tallo, que alcanzó el máximo en la quinta semana, siendo descrita por la ecuación  $Y = -1906 + 1762.1X - 151.4X^2$  ( $P < 0.01$ ,  $r^2 = 0.73$ ; donde  $Y$  = producción semanal de tallo y  $X$  = semana de rebrote). La fecha óptima de corte para el verano se considera entre la cuarta y quinta semana y para primavera y otoño se considera entre la quinta y sexta semana.

## ABSTARCT

It is important to know the capacity of a forage species when sown differently to traditional. The first objective of this study was to evaluate the productive capacity alone annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) and oats (*Avena sativa*) and associates during the winter and early spring in an established pasture Bermuda grass (*Cynodon dactylon*). Associations were: Bermuda grass - annual ryegrass, oats (BR-BA-AV), Bermuda grass - annual ryegrass (BR-BA) and Bermuda grass - oats (BR-AV), and were distributed in a complete block design randomized with four replications. Forage yield, growth rate (TC), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and in vitro dry matter digestibility (IVDMD) was determined. The average forage production by annual ryegrass was 7,514 kg DM ha<sup>-1</sup> being higher (P <0.05) than that reported for oats 176%. Annual ryegrass was higher (P <0.05) to oats in terms of kg of PC production (140%), MS digestible kg (135%) and NDF kg (190%). This was due to better performance of MS, because although the percentage of PC and MS digestible oat was higher (P <0.05) as shown by annual ryegrass (16.7 vs 14.4% and 76 vs 74%, respectively), ryegrass had an annual production of forage than oats. In conclusion annual ryegrass is the species have more productive response during the latency period Bermuda grass. The total production is greater in the BG-AV treatment with 13,542 kg ha<sup>-1</sup> MS exceeding 45 kg ha<sup>-1</sup> MS treatment AV BA-BG-and 13% of BG-BA treatment, however, there is no difference significant (P <0.05) between treatments in total forage production.

The second objective of this study is concerned with the characterization of Klein grass (*Panicum coloratum*) in the Valley of Mexicali to determine optimal cutoff date, Baja California. For this study three sites in 4 x 8 m divided into 32 areas of 1 m<sup>2</sup> for each of the three growing seasons (spring, summer and fall), distributed as a completely randomized design with eight treatments (weeks) were delineated and three replicates (sites) for each station. Four samples of 0.1 m<sup>2</sup> were cut site for eight weeks. Klein reached up to 6000 kg DM ha<sup>-1</sup> during the summer on the fifth week it was the fastest-growing season (P <0.05). The difference in total dry matter production occurred by the difference in the production of stem, which peaked in the fifth week, being described by the equation  $Y = -1906 X - 151.4X^2 + 1762.1$  (P <0.01, r<sup>2</sup> = 0.73, where Y = weekly production of stem and X = week of regrowth). The optimal cut-off date for the summer

is considered between the fourth and fifth week and for spring and autumn is considered the fifth and sixth week.

## INTRODUCCION

El pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) es una especie de clima cálido que se adapta bien a regiones áridas y semiáridas como es el sureste de los Estados Unidos (Reis *et al.*, 2009) por las altas temperaturas que presentan durante la primavera y verano, periodo durante el cual esta gramínea presenta su máximo crecimiento, produciendo forraje de buena calidad para el ganado (Vendramini *et al.*, 2006), y permaneciendo en latencia durante otoño e invierno (González *et al.*, 2004). El ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam) es una de las gramíneas más importantes en las zonas templadas, áridas y semiáridas, durante el otoño e invierno, por su resistencia a las bajas temperaturas y heladas (Hughes *et al.*, 1984). En el norte de México esta gramínea se cultiva durante otoño e invierno (Rodríguez *et al.*, 2000) al igual que la avena (*Avena sativa*). Ambas especies son utilizadas como resiembra sobre especies de forrajes perennes de clima tropical (Evers, 2005), durante el estado de latencia. El zacate Klein (*Panicum coloratum*) es una gramínea perene con alto potencial productivo y alta persistencia (>10 años) adaptada a regiones áridas por ser una especie C4, se por semillas aunque también puede ser por rizomas cortos, tiene una media tolerancia a las sequías, pero una alta tolerancia a las heladas, baja tolerancia a la salinidad y baja tolerancia a las inundaciones.

La utilización de especies de clima cálido y clima templado en el norte del país, ocurre de forma independiente como monocultivos, ocasionando la interrupción del ciclo de producción de la pradera. En el sur de los Estados Unidos se utiliza la resiembra de pastos anuales y cereales de clima templado en praderas perennes de clima cálido, como el pasto bermuda (sobresiembra), con el fin de obtener una mayor producción y distribución anual de forraje, particularmente durante el periodo de latencia de las especies tropicales (McLaughlin *et al.*, 2005). El sembrar forrajes de clima templado en praderas ya establecidas de bermuda tiene un mínimo efecto en su persistencia y rendimiento al momento de rebrotar después del periodo de dormancia (Reis *et al.* 2009), permitiendo que el manejo de resembrar sea una práctica aceptable y rentable económicamente.

Por su parte el uso del zacate Klein es menor en latitudes áridas así mismo se tiene poco conocimiento de comportamiento sobre su producción y uso en la región de

Mexicali. Las condiciones climáticas como son el fotoperiodo, temperaturas extremas (altas y bajas) y disponibilidad de agua tienen una alta influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas, esto debido a que afectan diversas funciones fisiológicas de las mismas. La dinámica del crecimiento de una especie forrajera cualquiera tendrá características particulares de crecimiento para cada región, así mismo habrá diferencia en su crecimiento dependiendo la época del año, esto hace entonces imprescindible identificar el comportamiento de crecimiento de cada nueva especie forrajera introducida en la región, así como cada nueva forma de manejar las especies ya existentes. Conocer los cambios en la curva de crecimiento de un forraje permite establecer la frecuencia de corte óptima para controlar las pérdidas por senescencia y descomposición así como obtener un forraje con las características de calidad que satisfagan las demandas nutricionales de los animales en la mayor manera posible (Hodgson, 1990). Un adecuado manejo en la frecuencia de corte tendrá influencia directa sobre la composición botánica, calidad nutricional y rendimiento de la especie forrajera que se estudie, además de influir en su calidad o composición química de la misma. El objetivo general del presente estudio es la evaluación agronómica durante el periodo de frío de Ballico anual, Avena, Bermuda y durante el periodo de calor de zacate Klein en el valle de Mexicali

Los objetivos particulares son: a) evaluar la capacidad productiva del pasto ballico anual y avena solos y asociados durante el invierno e inicios de la primavera en una pradera ya establecida de pasto bermuda y b) la determinación de las tasas de crecimiento, acumulación de nutrientes, producción de forraje y determinación de la fecha óptima de corte del zacate Klein (*Panicum coloratum*) en el Valle de Mexicali, Baja California.

## REVISION DE LITERATURA

### 1. Generalidades

#### a. Pasto bermuda (*Cynodon dactylon*)

Gramínea del genero *Cynodon*. El bermuda gigante fue observado en un islote del Rio Colorado, cerca de Yuma, Arizona, en 1938; fue probado en Hawái y detenida su producción durante la segunda guerra mundial, incrementándose el interés en ésta a mediados de los 50's (Vargas y Yáñez, 1996). El bermuda produce forraje de aceptable calidad y palatabilidad para el ganado (Duthil, 1980). Es un pasto perenne estolonífero y rizomatozo que crece con rapidez y alcanza una altura de 50 a 70 cm, junto con una alta proporción hoja-tallo. Debido a que su semilla presenta baja fertilidad, el método más común para establecerlo es por material vegetativo. Cuando su tasa de crecimiento es alta, es más susceptible a plagas de insectos chupadores y trazadores. Su rango óptimo de crecimiento se alcanza a una temperatura superior a 24° C y puede tener un escaso crecimiento a 5°C (Hughes et. al., 1984), por lo que crece favorablemente en trópico y subtropico, inclusive en regiones de clima frío durante el verano. Prospera bien en altitudes de 0 a 1,600 msnm, desarrollándose en regiones serranas de hasta 2,200 msnm. Es un pasto de altos requerimientos de humedad y se establece mejor en suelos con pH neutro, de aluvión, franco-arenosos y sin problemas de inundaciones. Además, presenta cierta tolerancia a suelos de marisma o salino-sódicos. (Hughes et. al, 1984).

#### b. Ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam)

Es uno de los zacates más importantes en las zonas templadas áridas y semiáridas, ya sea bajo riego o temporal. Es un pasto nativo del Valle de Po en la parte norte de Italia donde se cultivó por primera vez (Tabacco et al., 2004), existiendo variedades anuales o perennes siendo una gramínea de clima templado (C3) (Hughes et. al., 1984). Es de sabor agradable, de alto valor nutricional y buena digestibilidad para el ganado, además de tener un alto rendimiento (Cabanillas et al, 1996).. Se suele utilizar en pastoreo, aunque hay regiones donde se henifica o ensila (Hannaway et. al., 1999). Por ser una gramínea de clima templado, su, su rango óptimo de crecimiento varía en temperaturas de 20 a 25°C aunque las extremas afectan su rendimiento, por lo que crece bien de otoño a primavera. A pesar de que el ballico anual es más tolerante al

calor que el ryegrass perenne, el estrés por temperatura de verano provoca que la producción disminuya o termine. Se desarrolla mejor en suelos de media a alta fertilidad, pero puede crecer bien en suelos pobres siempre y cuando la densidad de siembra y la fertilización sean altas, las plantas son de un color verde oscuro y crecen hasta una altura de 100 cm, dependiendo de la variedad, humedad y condiciones del sitio donde se cultiva (Scoth y Weihing, 1984; Balasko et al., 1995). El ryegrass anual se introdujo a México en 1968 en regiones de clima templado y zonas áridas de riego, donde predominan temperaturas medias anuales de 11 a 19 °C, pero no mayores a 25 °C en el ciclo de producción (Cabanillas et. al., 1996). La producción anual de forraje puede variar de 10 a 18 toneladas de MS ha<sup>-1</sup>. Su adaptabilidad y respuesta a la fertilización son muy aceptables. En el valle de Mexicali, Rodríguez et al. (2002) obtuvieron con dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización nitrogenada, una producción máxima de forraje seco de 17.16 ton ha<sup>-1</sup>.

c. **Avena** (*Avena sativa*).

Especie anual que pertenece a las gramíneas, con un sistema radicular potente y raíces más abundantes y profundas que el trigo y la cebada. Se ha desarrollado bien en altitudes de hasta 3000 msnm. Aunque muestra sensibilidad a la salinidad, en general se adapta a diferentes tipos de suelo. Su rango óptimo de temperatura varía de 25 a 31°C (Robles, 1982). Presenta menor resistencia al frío que la cebada y el trigo. Por su alto grado de transpiración es exigente en agua, sobre todo en el período de formación del grano. Sin embargo, debido a que el sistema radicular de la avena es más profundo que el trigo y la cebada, aprovecha mejor los nutrientes del suelo, por lo que requiere de menor cantidad de fertilizantes para su desarrollo (Juscafresa, 1983). Como planta forrajera, se utiliza principalmente para la alimentación del ganado, tanto el forraje como la semilla y en menor cantidad para alimentación humana.

d. **Zacate Klein** (*Panicum coloratum*).

Es una gramínea perene originaria de África con alto potencial productivo y alta persistencia (>10 años) (Ribotta, et al. 2005), adaptada a regiones áridas de clima templado-cálidas a tropicales por ser una especie C4 (Valdez-Reina et al. 2009). La



forma de diseminación más común es por semillas aunque también puede ser por rizomas cortos, tiene una media tolerancia a las sequias, pero una alta tolerancia a las heladas, tiene poca una baja tolerancia a la salinidad así mismo presenta una baja tolerancia a las inundaciones. La altura registrada del pasto Klein así como la producción de forraje va a depender de las condiciones de manejo y ambientales con una altura promedio de 0.8 a 0.9 m aunque puede llegar a 1.5 m de altura (Petruzzil *et al.* 2003) e incluso registran una altura de 1.8m para Australia (Moore *et al.* 2006). La producción de pasto Klein será diferente dependiendo la región donde se cultive. En Australia se tienen reportes de producción de 4200 kg ha<sup>-1</sup> de MS (Taleisnit *et al.* 1998), sin embargo en Argentina la máxima producción fue de 2790 kg ha<sup>-1</sup> de MS (Ferri *et al.* 2006), en el sur de Texas se llegó a los 3300 kg ha<sup>-1</sup> de MS (Gonzales *et al.* 2004).

## **2. Factores determinantes en la adaptación y crecimiento de las pasturas**

### **a. Ambientales**

#### **i. Temperatura**

Los procesos enzimáticos en las plantas, como la fotosíntesis, la respiración, el crecimiento y el metabolismo en general dependen en gran medida de la temperatura ambiental (Hopkins, 2000). El aumento de la temperatura hace que aumente la energía cinética, ocasionando la desnaturalización de las enzimas (Salisbury y Ross, 1992). Cuando la temperatura excede de 35°C y existen deficiencias de agua se presentan daños en la membrana celular, lo que origina una reducción en el crecimiento de la planta al desacoplarse el sistema enzimático de la fotosíntesis para la captación de CO<sub>2</sub> (Jiang y Huang, 2001). Toda planta tiene un rango de temperatura óptimo para su desarrollo, la temperatura óptima para el crecimiento de las gramíneas oscila de 15 a 20°C, no obstante las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, alteran el desarrollo de la planta.

La baja temperatura reduce la actividad enzimática. Si la semilla es pequeña y la temperatura por debajo de la óptima, la semilla reduce su tasa de germinación (Townsend y McGinnies, 1972). Si la temperatura es baja, la planta tendrá un desarrollo pésimo; el número de hojas que brotan de una planta de maíz es menor si la

temperatura es baja (Warrington y Kanemasu, 1983), así como una disminución en el índice de crecimiento, pero si la temperatura se reduce la planta puede entrar en periodo de latencia o incluso la muerte cuando ésta es demasiado baja, como ocurre durante las heladas (Salisbury y Ross, 1992b; Duthil, 1980).

Altas temperaturas ambientales traen como consecuencia el incremento en la lignificación de la pared celular de las plantas. En gramíneas, la calidad de hojas y tallos se reduce con la temperatura alta, siendo este efecto mas pronunciado en gramíneas tropicales (Duthil, 1980).

## ii. Fotoperiodo

Se define como la cantidad de horas luz presentes durante el día. Todas las especies forrajeras son sensibles al fotoperiodo y este efecto es más influyente cuando se combina con otros factores climáticos, como temperatura y estrés por agua (Wang Huang, 2004). El conocimiento de cómo el fotoperiodo afecta la floración y el crecimiento vegetativo de los forrajes facilita el diseño correcto del manejo de los sistemas de pasturas y henos que mejor se adaptan a las diferentes regiones climáticas (Nelson y Volenec, 1995). Los requerimientos de luz durante la etapa de crecimiento y la de floración varían de una especie a otra, mientras que el ballico anual se desarrolla favorablemente en un rango de 8 a 13 h luz. Por ejemplo, el pasto timothy (*Phleum pratense*) requiere un mínimo de 15 a 16 h luz, (Hopkins, 2000). En especies que requieren un mayor fotoperiodo, cuando éste se incrementa influye positivamente sobre el rebrote y el peso seco. Swanton et al. (2000) encontraron en el pasto colorado (*Echinochloa cruz-galli*), que la tasa de rebrote y la aparición de hojas se incrementó de 0.19 hojas a 0.26 hojas por día al aumentar el fotoperiodo de 8 a 16 h luz por día. Especies como el pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L) requieren bajas temperaturas y días cortos durante el otoño para inducir su florecimiento, dado que sus meristemas apicales permanecen en estado vegetativo durante el invierno y muestran crecimiento cuando la temperatura alcanza entre 25 y 30 °C en primavera (Nelson y Volenec, 1995).

La reducción del fotoperiodo afecta el crecimiento en mayor o menor medida, dependiendo de la especie forrajera. Especies como el bermuda (*Cynodon dactilon*) y el tifton 85 bermuda (*Cynodon* spp) han mostrado ser sensibles al fotoperiodo (Burton

et al., 1988; Sinclair et al., 2003; Neuman et al., 2007). Cuando aumentamos el fotoperiodo en comparación de un fotoperiodo normal no se detecta un aumento sustancial de MS, por lo menos en pasto bermuda. Por otro lado, el nivel de PC, así como el porcentaje de digestibilidad in vitro no tienen cambios significativos al aumentar el fotoperiodo (Sinclair et al., 2003; Neuman et al., 2007).

El fotoperiodo es uno de los tres elementos de la radiación solar que tienen influencia sobre el crecimiento de los forrajes. Los otros dos elementos son la calidad de luz y la densidad de luz. La calidad se refiere a la longitud de onda de los rayos que contribuyen al espectro de la radiación solar (Nelson y Volenec, 1995). Las plantas que crecen bajo una longitud de ondas infrarrojas largas, crecen altas y delgadas, pero son más frágiles, y las que crecen bajo longitud de ondas ultravioletas cortas pueden tener un crecimiento retrasado o daños en sus tejidos. La radiación de invierno tiende a ser proporcionalmente más alta que la radiación infrarroja del verano (Nelson y Volenec, 1995). La densidad podemos definirla como la cantidad de luz que puede captar la planta. Cuando los nutrientes y las necesidades de agua son adecuados, la tasa de crecimiento está directamente influenciada por la densidad de la radiación debido al efecto que tienen sobre la fotosíntesis (Gautier et al., 1999). Cuando se alcanza una elevada área foliar después del corte o pastoreo, la tasa de crecimiento está más relacionada con la intercepción de la radiación solar que con la actividad fotosintética por unidad de área foliar (Horst et al., 1978). La competencia entre plantas por la luz es importante, debido a que si aumenta la población, se reduce la densidad de luz, teniendo como consecuencia una disminución de la tasa fotosintética y en consecuencia la producción de materia seca (Casal et al., 1985; Bos y Neuteboom, 1998).

### **b. Agronómicos**

Los aspectos agronómicos que tienen efecto directo sobre el desarrollo de la planta son el suelo y el pH. La textura y estructura del suelo son factores que afectan indirectamente el desarrollo de las plantas (Duthil, 1980). El agua es uno de los factores ecológicos más importante que influye en la producción forrajera por la interacción entre la cantidad de lluvia y la textura y composición del suelo. La adecuada

humedad del suelo es esencial para el crecimiento normal de las plantas. Condiciones de excesiva y baja humedad tienen un efecto importante en la transferencia de nutrientes del suelo a la planta, afectando su desarrollo vegetativo (Misra y Tyler, 2000). La escasez de agua puede afectar o detener el crecimiento en cualquier etapa del desarrollo, por una disminución en la tasa de división y elongación de las células (Karsten y MacAdam, 2001; Xu y Zhou, 2004).

El crecimiento y desarrollo de la mayoría de las especies forrajeras está limitado a cierto rango de pH, en suelos marcadamente ácidos ( $\text{pH} < 4.0$ ) o alcalinos ( $\text{pH} > 7.0$ ), la producción de materia seca disminuye (Findenegg, 1987) por un exceso de iones tóxicos en suelos ácidos y por la baja disponibilidad de algunos elementos en condiciones alcalinas (Whitten y Ritchie, 1991). La mayoría de las especies forrajeras requieren mantener un pH mínimo de 6.0 para su máximo desarrollo (Hopkins, 2000).

### **c. Fertilización**

Uno de los macronutrientes con mayor impacto y estudio sobre la producción de forraje es el nitrógeno (N) siendo un precursor directo de las proteínas y se ha demostrado que su adición incrementa directamente la producción de forraje, (Navarro et al., 1992; Rodríguez et al., 2000; Johnson et al., 2001). La fertilización nitrogenada incrementa la producción de materia seca, un ejemplo es el ballico anual que comúnmente se fertiliza con altos niveles de nitrógeno para asegurar un máximo rendimiento (Evers, 2002). El N es un elemento que abunda en la atmósfera, aunque las leguminosas lo capturan en sus raíces ayudadas por nódulos en los que actúan las bacterias fijadoras de N, los pastos no tienen bien desarrollada esta cualidad, aunque se ha demostrado que también existen bacterias fijadoras que les ayudan a la fijación del N, su captación es mínima (Salisbury y Ross, 1992a), motivo por el cual se recurre a su aplicación en las gramíneas forrajeras. Urbano (1997) realizó un estudio en Venezuela a 2200 msnm con tres variedades de pasto (ryegrass, bermuda y kikuyo) y tres dosis de N (0, 150 y 300  $\text{Kg ha}^{-1}$ ), donde obtiene resultados del cambio de rendimiento de MS, PC y nutrientes digestibles totales (NDT) en los diferentes niveles de fertilización. Por otra parte, Rodríguez et al. (2000) realizaron un experimento con

ballico anual en el valle de Mexicali, aplicando seis diferentes niveles de nitrógeno (100, 150, 200, 250, 300 y 350 Kg ha<sup>-1</sup>), obteniendo el rendimiento más alto de materia fresca con la aplicación de 300 Kg ha<sup>-1</sup>, pero sin diferencia significativa entre los tratamientos dos, tres, cuatro y seis. El ballico perenne mostro un efecto lineal en la acumulación de materia seca de 15395 a 21164 kg ha<sup>-1</sup> al incrementar los niveles de fertilización nitrogenada de 0 a 400 kg ha<sup>-1</sup> en dos años de estudio (Harris et al., 1996). En gramíneas tropicales los resultados siguen la misma tendencia, se ha observado un incremento lineal sobre el crecimiento del forraje y la acumulación de materia seca al incrementar las dosis de nitrógeno por hectárea en los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Brachiaria (*Brachiaria Humidicola*), zacate llanero (*Andropogon gayanus*) y bermuda (*Cynodon dactylon*) (Castillo et al., 1983; Navarro et al, 1992; Carrillo et al., 2000; Premazzi et al., 2003).

### **3. Utilización de las pasturas cultivadas**

#### **a. Dinámica y crecimiento.**

##### **i. Rendimiento de biomasa**

La definición de biomasa según el diccionario de la Real Academia de la Lengua tiene dos acepciones: 1) Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. 2) Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Lo que es de interés para este trabajo radica en la cantidad de MS cosechada o disponible que puede ser utilizada por el ganado para su consumo. La cantidad de biomasa como MS cosechada será diferente de una especie a otra e incluso de una variedad a otra de la misma especie. Redfearn et, al. (2002) encontraron diferencias en rendimiento de biomasa de ryegrass anual en cuatro diferentes lugares, mostrando así como pequeñas diferencias en el rendimiento de seis variedades de ryegrass anual en Estados Unidos. Por su parte, Sevilla et al. (2001) muestran en un trabajo realizado en Argentina la diferencia que existe en la cantidad de biomasa de diferentes especies forrajeras, mostrando un ryegrass nui con promedio anual de tasa de crecimiento de 21.8 Kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, mientras que el festuca palenque obtuvo 29.6 Kg MSha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

## ii. Tasas de crecimiento

Cuando se quiere conocer el potencial productivo y las limitaciones de una pradera, es necesario conocer su proceso de crecimiento. Las plantas capturan energía solar mediante sus hojas verdes a través de la fotosíntesis para convertirla en carbohidratos que utilizan para su crecimiento. El crecimiento del forraje se divide en tres fases (Voisin, 1994). En la primera fase las plantas tienen pocas hojas, motivo por el cual ocurre menos fotosíntesis, teniendo las plantas un crecimiento lento debido a que utilizan parte de los carbohidratos almacenados. En la segunda fase la planta tiene un mayor número de hojas, producto de una mayor actividad fotosintética, con lo que tiene un crecimiento rápido y mayor acumulación de carbohidratos. En la tercera y última fase la planta disminuye su actividad fotosintética debido a que el sombreado de las hojas superiores tiene un escaso crecimiento, además que la energía almacenada se ocupa en la floración y la formación de la semilla.

El crecimiento del forraje se ha definido como el desarrollo e incremento en tamaño y en peso de tejido nuevo, tanto en tallos como en hojas. El incremento de forraje en peso seco por unidad de área por tiempo se conoce como tasa de crecimiento del forraje, la cual se expresa en kg de MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. La tasa de crecimiento (TC) de un forraje se determina dividiendo la cantidad de MS entre el número de días, pudiendo así conocer cuánto aumenta diariamente la cantidad de MS. La TC se calcula con la siguiente ecuación matemática:

$$TC = FC / t,$$

Donde:

FC = Forraje cosechado (Kg MS ha<sup>-1</sup>)

t = Días transcurridos entre un corte y el siguiente

### b. Corte y pastoreo

La forma en que se cosecha el forraje en una pradera es por medio del corte de éste con una cuchilla o mediante el corte por el diente de un animal en pastoreo; éste último cosecha el forraje para sí mismo, consumiéndolo en el acto en forma fresca. El corte con cuchilla se utiliza cuando el forraje cosechado será proporcionado al ganado en el comedero o conservarlo mediante el henificado o ensilado según sean los

requerimientos o condiciones del productor. Por su parte, el pastoreo se utiliza cuando el forraje es pequeño o no se tienen las condiciones para el corte mecánico. La desventaja del corte es el costo generado por la mano de obra utilizada para dicha labor, pues se requiere más personal o equipo para su operación que si cosecha por pastoreo. La utilización y recuperación del forraje después del pastoreo están directamente relacionadas de la severidad de la defoliación como una función de la disponibilidad de pastura y la especie animal. Los bovinos cosechan el forraje usando su lengua para sujetar y cortan auxiliándose de los rodetes dentales, por el tamaño del hocico cortan la hierba a un nivel mas alto que los ovinos, que utilizan labios y dientes para seleccionar y cortar. Esta altura de corte tiene impacto sobre la rapidez y calidad del rebrote. Jahn et al. (2002) observaron que al rebrote existió mayor producción en una pradera de alfalfa cuando fue pastoreada por vacas en lactancia cuando el remanente fue de 20 cm de residuo, que cuando lo fue a 30 cm de altura. En el caso del ryegrass italiano, cuando se pastoreó por ovinos a tres niveles de intensidad (4-6, 6-8 y 8-10 cm), Garduño et al. (2009) reportaron que la intensidad media (6-8 cm) permitió una mejor recuperación y la intensidad de media a alta promovió una mejor repoblación de tallos. Otra forma en el pastoreo actúa sobre la planta es por el pisoteo, la deposición de heces y orina y la dispersión de las semillas además de la defoliación selectiva, esto último en función de cuando una pradera es nativa o una asociación de especies.

### **c. Uso óptimo de las pasturas**

#### **i. Métodos de pastoreo**

Los métodos de pastoreo pueden agruparse en continuo y rotacional. El primero consiste en dejar pastar al ganado en áreas más o menos grandes sin controlar o racionar su alimentación, con un tiempo de ocupación permanente sin un periodo de descanso, a menos que sea por la estación del año. En este sistema el animal elige en mayor grado las plantas por su palatabilidad. El pastoreo racional consiste en optimizar la utilización de la biomasa generada por el forraje y asegurar su perpetuación por medio de una división en parcelas por las que se hace rotar al ganado. Para hacer esto la parcela se divide en lotes que se asignan de uno en uno a la vez, esto permite

controlar el largo del periodo de descanso para la pradera (Voisin, 1994). Existen variantes a este método como son: cargas fijas o variables, mixto (varias especies), por lotes de animales (punta y cola; líderes y seguidores), complementarios, diferido (se reserva un área para pastorear en próxima estación) y mecánico (no pastoreo).

El método rotacional de pastoreo tiene más ventajas sobre el bienestar de la pradera que sobre la ganancia por animal. Torres et al. (2004) concluyeron que no existe diferencia significativa de ganancia de peso en novillos al final del año entre los sistemas continuo, diferido y rotacional diferido, sin embargo, los animales del pastoreo continuo perdieron peso en mayor proporción que los otros dos tratamientos y por un tiempo más prolongado durante el periodo de sequía.

El tipo de pastoreo tiene mayor influencia sobre la constitución del suelo. Echavarría et al. (2007) encontraron con el pastoreo rotativo de pequeños rumiantes una respuesta positiva para mantener la densidad aparente del suelo al lograr mayor eficiencia en la captación de humedad y acumulación de material orgánico de lenta degradación.

## **ii. Establecimiento y persistencia**

La siembra de dos o más especies cultivadas en combinación sobre el mismo campo de siembra es una técnica ya utilizada por las culturas prehispánicas, quienes sembraban maíz con calabaza y frijol mezclados entre sí en el mismo surco. El objetivo de este tipo de siembra en estas culturas era abastecer de todos los ingredientes necesarios para su consumo en un mismo ciclo de cultivo y en un mismo huerto.

No debemos confundir la resiembra, lo cual es volver a sembrar el mismo cultivo en las partes de la parcela donde falló la siembra o se perdió por el tiempo. En cultivo de forrajes, la resiembra se utiliza para recuperar praderas ya establecidas quedando nuevamente un monocultivo. Por su parte, la sobresiembra es sembrar una especie de cultivo diferente sobre uno ya establecido con anterioridad, quedando dos o más especies sobre la pradera. La sobresiembra es utilizada sobre cultivos que entran en latencia o dormancia, como ocurre con la bermuda que entra en latencia en la estación fría. Para un campo de golf, lo que se busca con la sobresiembra es mantener una cobertura de biomasa verde durante todo el año. Para ello sobresiembran las praderas



de bermuda, con ryegrass principalmente (Morris, 2004 y 2007), aunque también el turfgrass dio buenos resultados en un campo de golf sembrado de bermuda (Anderson, 1999), logrando con ello un campo con el color verde oscuro aceptable por los golfistas, además de un campo con cobertura verde durante la mayor parte del año.

Pero no solo los golfistas precisan de la sobresiembra para cubrir sus necesidades. En la producción pecuaria también se utiliza la sobresiembra para tener praderas continuas durante todo el año. Por lo regular se sobresiembra en praderas de bermuda, que es la especie más utilizada para pastoreo, sembrando diferentes especies que pueden ser gramíneas o leguminosas, según la región.

Evers (2002) logró rendimientos aceptables de hasta 11.46 Ton/ha de biomasa total combinada de una pradera de bermuda sobresemebrada con ryegrass. Incluso aparte de ryegrass se puede sobresembrar bermuda con trigo o diferentes tipos de trébol (McLaughlin et al., 2005), lográndose rendimientos muy similares entre sí (cerca de 12 Ton/ha). Lo más importante es el alargamiento de la época de verdeo para el ganado.

#### **a. Edad de la planta**

La composición química de los forrajes está fuertemente influenciada por la etapa de crecimiento del mismo. Conforme avanza el desarrollo de la planta se observa un incremento en los componentes de la pared celular y una disminución en el contenido celular (Givens et al., 1989). A medida que madura el forraje, disminuye su contenido de proteína y de azúcares, y el contenido de la fracción fibrosa se incrementa (Ammar et al., 2004). Redfearn et al. (2002) al evaluar diferentes variedades de ballico anual encontraron que la concentración de proteína cruda disminuye de 260 a 120 g de CP kg<sup>-1</sup> conforme avanza la etapa de crecimiento de diciembre a mayo. El contenido de proteína puede disminuir en un 64% en la edad madura debido a una dilución en la materia seca (Tabacco et al., 2004). Cervantes et al. (2000) señalan que el contenido de PC total disminuye 28% en los dos últimos cortes (marzo y mayo) en comparación con el primer corte (Febrero) en ballico anual, en el valle de Mexicali. En ballico perenne se observa una tendencia similar, Chaves et al. (2006) reportan que la concentración de PC en las primeras etapas de desarrollo es de 237 g kg<sup>-1</sup> y disminuye

a solo 5 g kg<sup>-1</sup> en el forraje maduro. De acuerdo con Zhang et al. (1995) esta reducción puede atribuirse al incremento en la proporción de tallos o a la dilución de la PC de la planta al incrementarse el contenido de carbohidratos estructurales a medida que avanza el desarrollo fenológico de la planta. Las bajas concentraciones de proteína cruda en las etapas finales del crecimiento se pueden corregir con la aplicación de nitrógeno (Marais y Goodenough, 2000).

Redfearn et al. (2002) al evaluar diferentes variedades de ballico anual encontraron que la concentración de FDN varía de 390 a 581 g de FDN kg<sup>-1</sup> conforme avanza la etapa de crecimiento. En cebada y avena también se observa un aumento en la concentración de FDN y FDA al avanzar la etapa de madurez (Cherney, et al., 1990). Chilbroste et al. (2000) reportan un incremento lineal en la concentración de FDN en ballico perenne de 444 a 532 g kg<sup>-1</sup> a los 6 y 30 días de rebrote, respectivamente.

La edad de la planta afecta los componentes morfológicos, conforme avanza la etapa de madurez, el porcentaje de hojas disminuye y el de tallos se incrementa, por lo que la relación tallo:hoja se reduce (González y Ortiz, 1996; Bruinenberg et al., 2001). El ballico anual se caracteriza por presentar en todas las etapas de desarrollo, una mayor proporción de hoja:tallo que otras especies de zacates como festuca y pasto ovido (Beever et al., 2000). En el pasto ovido y ballico perenne la relación hoja:tallo presenta su menor valor después de la defoliación y aumenta conforme la biomasa de hojas verdes se incrementa con la edad de la planta, hasta alcanzar un valor máximo para después volver a disminuir durante las últimas semanas de crecimiento como consecuencia del aumento en la materia seca de los tallos y material muerto (Velasco et al., 2001; 2002). Generalmente la cantidad de material muerto se incrementa con la edad de rebrote, al incrementarse la producción de biomasa y la altura de la planta (Hernández et al., 1997). El potencial productivo de una pradera entre los primeros y últimos cortes depende de la producción sostenida de hojas con un mínimo desarrollo de tallos, y se refleja en la relación hoja:tallo. Es importante conocer su variación durante el crecimiento del forraje ya que el ganado en pastoreo prefiere el consumo de las hojas sobre los tallos, además el valor nutritivo del forraje se reduce conforme disminuye la relación hoja:tallo (Baron et al., 2000).

#### **4. Valor nutricional de las pasturas**

El valor nutritivo de un forraje está plenamente ligado a su composición química y digestibilidad. De igual forma, las proporciones de los componentes morfológicos hojas, tallos y tasa de senescencia afectan el valor alimenticio del forraje, cuando la relación hoja: tallo cambia, el valor nutricional también cambia.

El consumo de la hierba por el animal en pastoreo es un indicador de la calidad del mismo. Este depende de ciertos factores, los debidos al animal y los debidos a la planta. Con respecto a los debidos al animal influye la especie, el tamaño, el estado fisiológico y la experiencia adquirida en el efecto y consumo de los alimentos. La selección de la dieta del animal, instintivamente le permite consumir alimentos que le proporcionará los nutrientes que necesita y evitar aquellos que sean tóxicos. Dos factores que regulan el consumo del animal son eufagia y edifagia; la primera es la habilidad innata del animal para que a través del sabor y olor detecte los nutrientes y las toxinas en la planta. La segunda se refiere a la selección del alimento como respuesta a las propiedades organolépticas y sensoriales. Se define a la edifagia como el modelo principal de selección de los alimentos. El comportamiento ingestivo en pastoreo es selectivo, seleccionando las partes más aceptables de las plantas y con más altas concentraciones de proteínas. También, la digestibilidad y cantidad del forraje presente las estimula a comer más, por lo que se considera el comportamiento del animal en pastoreo como un factor biótico selectivo.

La selección de cierta especie de forraje sobre otra por parte del animal es debida a la calidad de la planta. Los factores que regulan el consumo de la planta por el animal debidos a la planta son dos: físicos y químicos (Romney y Gill, 2007). Entre los factores físicos podemos mencionar la estructura de la planta debida a los carbohidratos estructurales de la misma y los factores químicos la concentración de los diferentes componentes a diferentes estados fenológicos de la planta o las diferentes especies utilizadas como forraje. Entre mayor sea el porcentaje de fibra presente en la planta menor será su aceptación por parte del animal (Romney y Gill, 2007). Jahn et al. (2002) realizaron un experimento con vacas lecheras pastoreando en alfalfa a tres diferentes estados fenológicos; prebotón, flor 10% y flor 50% con dos alturas residuales. Los resultados mostraron una mayor producción de leche con la alfalfa al 50

% de flor y residuo alto, mientras que la más baja con el mismo estado fenológico pero a residuo bajo. Esto se atribuyó a un mayor contenido de fibra. Sobre este experimento se tiene que la alfalfa más aceptada por las vacas fue en prebotón, atribuido al poco contenido de fibra y el alto contenido de proteína, siendo más apetecible por el animal.

## **EXPERIMENTO 1. Evaluación agronómica de ballico anual (*Lolium multiflorum*) y avena (*Avena sativa*) sembrados en una pradera de bermuda gigante (*Cynodon dactylon*)**

### **MATERIALES Y METODOS**

El estudio se realizó en una pradera de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) establecida en 1999 en el campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California situado a 32° 24' 35"LN y 115° 11' 60"LO, de noviembre del 2007 a mayo del 2008. El suelo del área de estudio es salino-sódico con un pH que oscila de 7.9 a 8.4 (SARH, 1989). Se evaluaron las gramíneas; ballico anual y avena, solas y asociadas sobre una pradera en estado de latencia de pasto bermuda. La siembra se realizó el 1 de noviembre del 2007, con una densidad de siembra de 60 y 100 kg de semilla ha<sup>-1</sup> para ballico anual y avena, solas y asociadas. Se fertilizaron con una dosis de 40 kg N ha<sup>-1</sup>, 25% al momento de la siembra, el resto fue distribuido equitativamente en los meses de febrero, marzo y abril.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los cortes se realizaron a ras del suelo cada cuatro semanas, cortando tres muestras de 0.1 m<sup>2</sup> por repetición, iniciando el 11 de enero y concluyendo el 11 de mayo del 2008, tomando este como última fecha de corte debido a la mínima aportación de las especies templadas. El forraje cosechado se pesó en verde y se separó por especie (pasto bermuda, ballico anual, avena, material muerto, malezas y otros pastos), se secó en estufa de aire forzado a 55°C por 72 h (AOAC, 1980) y peso. Las tres submuestras secas se pesaron y mezclaron para tener solo una muestra por repetición y se molieron con un Molino Willey de criba de 1 mm. Con los datos de peso seco se determinó el rendimiento de forraje mensual y total por especie y la tasa de crecimiento promedio y por especie, con la siguiente ecuación:

$$TC = FC / t,$$

donde: FC = Forraje cosechado (kg MS ha<sup>-1</sup>); t = Días transcurridos entre un corte y el siguiente.

A las muestras obtenidas se les determinó el porcentaje de proteína cruda (PC) con el equipo VAPO DESK basado en el método de determinación de N de Kjendahl, porcentaje de fibra detergente neutra (FDN) la cual fue determinada con el equipo

ANKOM y porcentaje de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (D/VMS), con método modificado de la técnica de Tilley y Terry (1963). Posteriormente con los datos de rendimiento de forraje por especie y el porcentaje de PC, FDN y D/VMS por especie se determinó la producción de cada componente ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) por especie y en conjunto.

Los datos climáticos de temperatura ambiental, radiación solar y humedad relativa durante el periodo de estudio se muestran en la figura 1. Los datos fueron tomados de una estación meteorológica ubicada a 150 m del área experimental.

Los datos se analizaron utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (producción de forraje, TC y composición química), con el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2006), y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

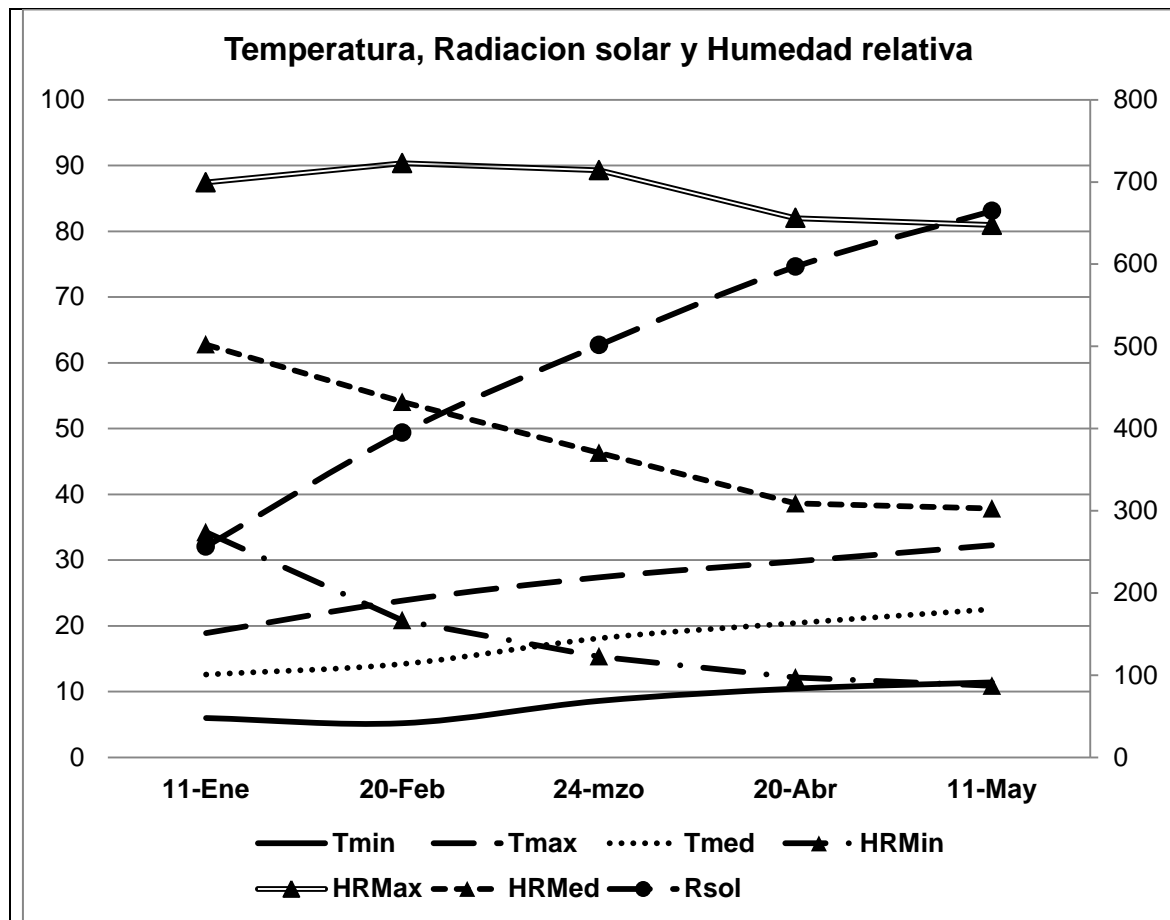


Figura 1. Datos climáticos durante el periodo de estudio del experimento. Temperatura en  $^{\circ}\text{C}$  (Tmin = mínima; Tmax= máxima; Tmed=media), radiación solar (Rsol) en  $\text{calorías cm}^{-2}$  y porcentaje de humedad relativa (HRMin=mínima; HRMax=máxima; HRMed=media).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Producción de forraje

Al comparar la producción entre meses, (Figura 2) se observa diferencia estadística entre marzo y abril en comparación con los meses de enero y mayo ( $P \leq 0.05$ ), pero no hubo diferencia entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) en la producción en conjunto de las diferentes especies.

La máxima aportación del ballico anual al rendimiento total se presentó en marzo siendo 20% superior al rendimiento registrado en febrero. A partir de mayo la aportación del ballico fue mínima con tan solo 100 kg MS ha<sup>-1</sup> de un total de 6,943 kg MS ha<sup>-1</sup> para el tratamiento BG-BA. Para la asociación bermuda-ballico-avena, la máxima producción de ballico anual fue en marzo con 2,578 kg MS ha<sup>-1</sup> siendo 26% superior al mes de febrero y 69% superior al mes de abril. La mínima producción se dio en mayo con solo 48 kg MS ha<sup>-1</sup> de un total de 6,193 kg MS ha<sup>-1</sup>, pudo deberse a las altas temperaturas registradas en ese periodo (Figura 1), las que originaron una reducción en el crecimiento del ballico anual (Jiang y Huang, 2001), por ser una especie adaptada a las bajas temperaturas invernales.

La avena no mostro diferencias estadísticas entre cortes ( $P > 0.05$ ), pero si entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ), la cual pudo ser debida a algún efecto negativo del pasto bermuda sobre la avena, pues la densidad de siembra empleada está dentro del rango recomendado (Evers, 2005).

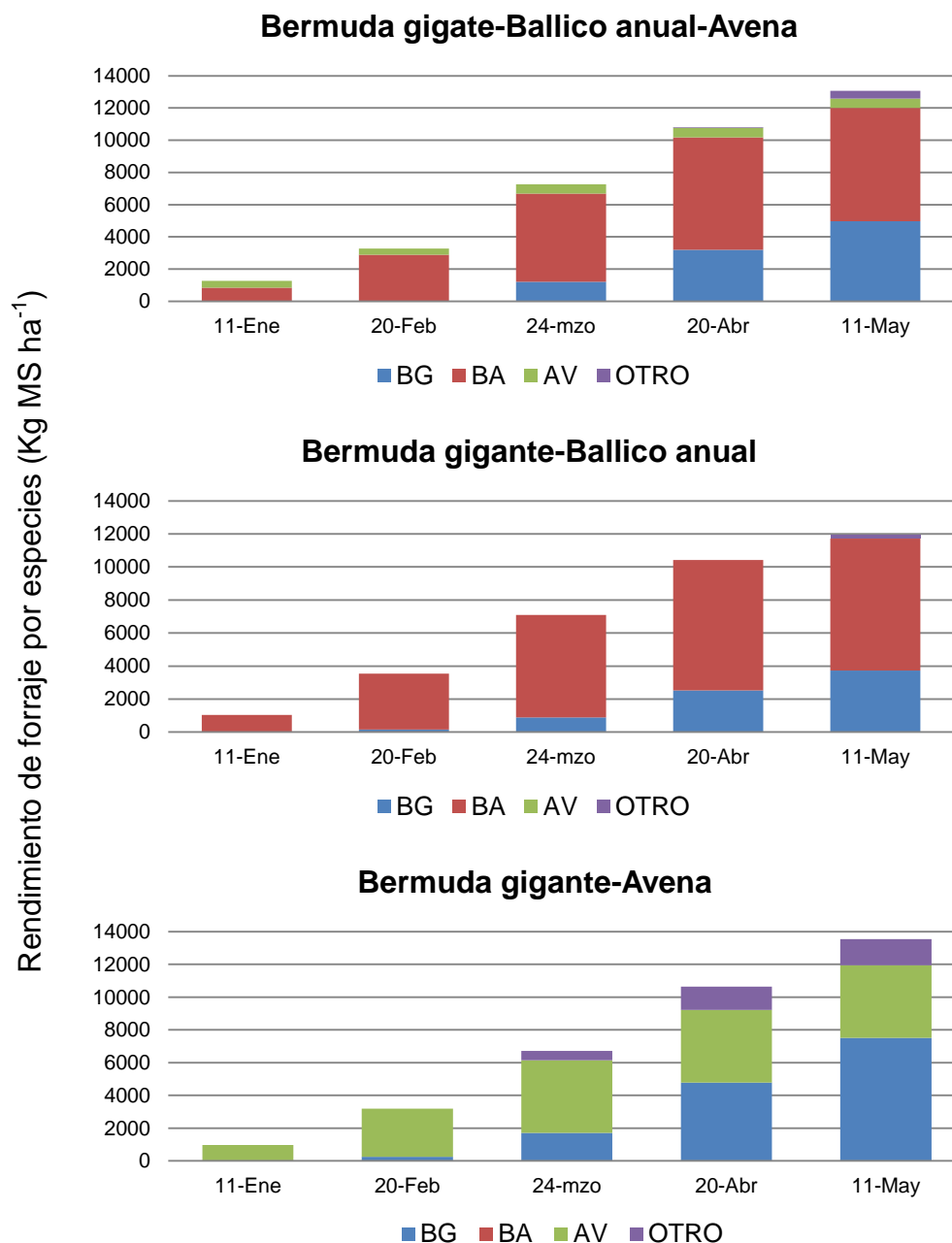


Figura 2. Producción mensual y acumulada de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) de las diferentes especies que integran la asociación: bermuda gigante (BG), ballico anual (BA), avena (AV) y ambas.

El cuadro 1 presenta la producción total por especie y combinada para cada una de las asociaciones. La mayor producción total se encuentra en el tratamiento de bermuda con avena con 13,542 kg MS ha<sup>-1</sup> superando en 45 kg MS ha<sup>-1</sup> a la asociación



de ballico y avena con bermuda y 13% a la asociación de bermuda-ballico anual, sin embargo, no existe diferencia significativa ( $P<0.05$ ) entre tratamientos en cuanto a su producción total de forraje (Figura 2, Cuadro 1). Estos resultados son similares a los obtenidos por Evers (2002) con una producción total anual para una combinación de bermuda-ballico de 11,460 kg MS ha<sup>-1</sup> en la región de Keithville, Texas. Por su parte McLaughlin *et al.* (2005) reporta una producción de 12,000 kg MS ha<sup>-1</sup> para una combinación de pasto bermuda con trigo o trébol. Por su parte, Rodríguez *et al.* (2000), obtuvieron un rendimiento total anual máximo de ballico con diferentes niveles de fertilización de 17,900 kg MS ha<sup>-1</sup>. La asociación de las tres especies mostro una baja producción de avena comparada con la asociación de pasto bermuda con avena ( $P\leq 0.05$ ) siendo 1,009 vs 4,435 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. De las especies templadas estudiadas, el ballico anual mostro un promedio de producción de 7,514 kg MS ha<sup>-1</sup> siendo superior al promedio producido por avena en 170% y mayor en un 39%, con al promedio producido por el pasto bermuda, teniendo diferencia significativa ( $P<0.05$ ) entre todas las especies estudiadas (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Producción de MS por especie y total (kg MS ha<sup>-1</sup>) de bermuda gigante (BG), ballico anual (BA) y avena (AV) en las diferentes combinaciones durante el periodo de estudio.

	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	Promedio
Bermuda	4970 Bb	3733 Bb	7506 Aa	960.6	5403b
Ballico	7043 a	7986 a	-	547.6	7514 a
Avena	1009Bc	-	4435 Ab	133.9	2722c
Otros	476 Bc	208 Bc	1602 Ac	382.6	762d
EEM	523	1093	360.8		1002
TOTAL	13497	11926	13542	1672	

Diferencias en letras mayúsculas en la misma fila indican diferencia estadística ( $P<0.05$ ).

Diferencias en letras minúsculas en la misma columna indican diferencia estadística ( $P<0.05$ ).

El pasto bermuda tuvo una producción de forraje de 7,506 kg MS ha<sup>-1</sup> en la asociación de bermuda con avena, siendo superior a la producción de los otros dos tratamientos ( $P<0.05$ ), superando en 51% a la asociación de bermuda-ballico anual-avena, que a su vez fue 33% mayor a la asociación de bermuda-ballico anual

(Cuadro1). Lazcano (2002) obtuvo un rendimiento de bermuda cruzada 1 de 2280 kg MS ha<sup>2</sup> en Cali Colombia, siendo menor a lo mostrado por Burton (1998) que obtuvo un valor de 2.9 Ton/ha de bermuda costera. Evers (2002) reportó para bermuda un rendimiento anual de 5.85 Ton ha<sup>-1</sup> para un experimento de bermuda resemebrada con ballico siendo todos estos resultados menores a los obtenidos en el experimento.

El pasto bermuda obtuvo su producción más alta en la asociación de pasto bermuda-avena en el cual la producción de avena obtuvo su más bajo rendimiento de forraje. Esto nos indica la posibilidad de cierto sinergismo proporcionado por el cultivo de avena sobre el desarrollo del pasto bermuda (Vargas y Yáñez, 1996; Sánchez, 2008; Evers, 2005).

La aportación de otras especies en la asociación de bermuda con avena fue de 1,602 kg MS ha<sup>-1</sup> siendo superior ( $P \leq 0.05$ ) en un 50% a las otras asociaciones.

Con respecto a la avena se observó que el mayor rendimiento fue de 4435 kg MS \* ha<sup>-1</sup> localizado en el tratamiento B-AV existiendo diferencia ( $P < 0.05$ ) con lo obtenido en el tratamiento BG-BA-AV. Este valor fue superior al resultado encontrado por Duhalde (2001) de 1783 kg MS ha<sup>2</sup>.

### **Tasa de crecimiento**

La tasa de crecimiento (Cuadro 2) de bermuda fue superior en los meses de abril y mayo ( $P < 0.05$ ) con respecto a los otros meses, pero sin diferencia entre ellos en cada tratamiento ( $P > 0.05$ ). El pasto bermuda, cuando crece en climas extremos es altamente influenciado por los cambios estacionales en fotoperiodo y temperaturas extremas (Salisbury y Ross. 1992), de tal forma que son los meses de verano cuando presenta las tasas de crecimiento máximas. La TC del ballico presenta los valores más altos en los meses de febrero, marzo y abril, si tener diferencia entre ellos ( $P > 0.05$ ) pero si tiene diferencia ( $P < 0.05$ ) con el resto de los meses que duró el experimento. El valor más alto de TC del ballico se encuentra en el mes de marzo (94 kg MS \* ha<sup>-1</sup> \* d<sup>-1</sup>) del experimento BG-BA, siendo mayor a la TC señaladas por Sevilla *et al.* (2001) en Argentina, con un valor de 55 kg MS \* ha<sup>-1</sup> \* d<sup>-1</sup>. Por su parte la avena tiene su TC más alta en el mes de febrero (67 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) en el tratamiento BG-AV mostrando diferencia con el mes de enero ( $P < 0.05$ ) pero no con marzo del mismo tratamiento.

Esta TC de la avena fue mayor a la TC reportada por Sevilla *et al.*(2001), quienes indican un valor de 35 kg MS \* ha<sup>-1</sup> \* d<sup>-1</sup> en la región de Buenos Aires, Argentina.

La TC de ballico anual fue superior (P≤0.05) a la TC de avena para el experimento donde están juntos con la bermuda.

**Cuadro 2.** Tasa de crecimiento (TC) (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) total y por especie de las diferentes especies que integran la asociación: bermuda gigante (BG), ballico anual (BA), avena (AV) y ambas y otras especies (Otro).

	BG	BA	AV	Otro	EEM	Promedio
BG-BA-AV						
11-Ene	0	12 b	6	0	4.9	9 b
20-feb	0	70Aa	13B	0	6	42.2 a
24-mzo	40Bb	86Aa	7 B	0	17.4	44.5 a
20-abr	74Aa	56Aa	0	1Bb	10	43.5 a
11-may	99Aa	3Bb	0	24Ba	15.6	41.2 a
EEM	13.8	15.1	3.3	10.5		6.9
Total	71 A	46 A	9 B	13 B	26	
BG-BA						
11-Ene	0	15 b	0	0		15 d
20-feb	5Bb	81Aa	0	0	8.2	43 c
24-mzo	24BCb	94Aa	0	0	13.9	59 ab
20-abr	61ABa	62 a	0	0	31.2	61.5 a
11-may	67Aa	6Bb	0	12B	18.8	27 cd
EEM	15.9	16.1				7.6
Total	39	51	0	12	33	
BG-AV						
11-Ene	0	0	14Ab	1 B	2.5	14 c
20-feb	9Bc	0	67 Aa	0	4.2	38.2 b
24-mzo	49Ab	0	50Aa	15Bab	14	37.7 b
20-abr	114Aa	0	0	21Aa	7.5	67.2 a
11-may	152a	0	0	9Bb	17.5	80.5 a
EEM	17.2		11.6	3.4		7.3
Total	80 A	0	44 AB	15 B	29.4	

Diferencias en letras mayúsculas en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

Diferencias en letras minúsculas en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05).

El ballico anual mostro una TC similar entre tratamientos, mostrando prácticamente una nula competencia debida a la especie. Por su parte la avena mostro una diferencia significativa (P<0.05) cuando se asoció con ballico anual y pasto bermuda que cuando lo hizo solo con pasto bermuda. El valor de la TC de avena

siempre fue mayor en el tratamiento donde se asoció bermuda solo con avena que donde se asoció la bermuda con ballico y avena.

La asociación de ballico anual con avena y pasto bermuda podría ser potencialmente más ventajosa debido a que posibilita acoplarse la dinámica de crecimiento de dos especies templadas, con la avena como especie de desarrollo precoz y el ballico con más altas tasas de crecimiento tardío (Richardson et al., 2007, Morris, 2007).

### **Composición química**

El cuadro 3 muestra el porcentaje de proteína cruda (PC), materia seca digestible y fibra detergente neutra (FDN), de cada una de las especies solas y asociadas. Al comparar el porcentaje de proteína cruda entre componentes de las diferentes asociaciones, se observó que la asociación de bermuda gigante asociada con avena tiene un mayor porcentaje de proteína cruda que la asociación de bermuda gigante con ballico anual ( $P \leq 0.05$ ), sin presentar diferencias con la asociación bermuda gigante-ballico anual-avena. (Cuadro 3).

El promedio de porcentaje de proteína de la avena supero estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) al pasto bermuda gigante y ballico anual (16.7% > 14.6 y 14.4%) (Cuadro 3) teniendo el promedio más bajo de PC el ballico anual.

Respecto al porcentaje de materia seca digestible se observó que la avena con un valor de 76 % MS digestible, supero al ballico anual en 8.5% y al bermuda gigante en 38%, respectivamente (Cuadro 3) existiendo diferencia entre ellos ( $P \leq 0.05$ ).

En contraste, el pasto bermuda con un 63 % de FDN supero a la avena y ballico anual en un 31% respectivamente. El pasto bermuda mostro el más alto porcentaje de FDN pues es una gramínea tropical, las cuales son más fibrosas que las gramíneas templadas (Duthil, 1980). Esto ocasiona que la aceptación por parte de los animales de la asociación donde sea mayor la producción de pasto bermuda sea menos aceptable (Romney y Gill, 2007).

La producción de proteína ( $\text{kg PC ha}^{-1}$ ), MS digestible ( $\text{kg MS digestible ha}^{-1}$ ) y fibra detergente neutro ( $\text{kg FDN ha}^{-1}$ ) de cada una de las especies evaluadas, se presenta en el cuadro 4.

La aportación de proteína cruda por parte del pasto bermuda para el experimento BG-AV fue de 1,051 kg PC ha<sup>-1</sup>, siendo superior en 49% a la producción registrada por la asociación de las tres especies y en 100% a lo aportado en el experimento BG-BA, existiendo diferencia ( $P \leq 0.05$ ) del primero con respecto a las otras dos asociaciones (Cuadro 4). La aportación de proteína cruda por parte de la avena para la asociación de pasto bermuda con avena fue de 782 kg PC ha<sup>-1</sup> contra 106 kg PC ha<sup>-1</sup> por parte de la asociación donde se combinaron las tres especies, mostrando diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre ellas (Cuadro 4). El ballico anual tuvo la mayor aportación de proteína cruda con 1077 kg PC ha<sup>-1</sup>, en el tratamiento BG-BA-AV siendo superior a la aportación de kg PC ha<sup>-1</sup>, de bermuda y avena con 702 y 106 kg PC ha<sup>-1</sup>, existiendo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre ellas, pero no muestra diferencia ( $P > 0.05$ ) a al resultado del mismo ballico en el tratamiento BG-BA con 1,053 kg PC ha<sup>-1</sup>. El promedio de proteína cruda aportada fue de 1065, 748 y 444 kg PC ha<sup>-1</sup>, para ballico anual, bermuda y avena respectivamente existiendo diferencia ( $P < 0.05$ ) entre los tres cultivos.

La producción de MS digestible por parte del pasto bermuda mostro la misma tendencia que el caso de la proteína cruda con 3,932 kg MS digestible ha<sup>-1</sup>, superior en más del 45 % a lo aportado por él en los otros tratamientos, teniendo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 4). El promedio de MS digestible aportado entre las tres diferentes gramíneas fue de 4557 kg de MS digestible ha<sup>-1</sup> para el ballico que fue superior 59% a lo aportado por el pasto bermuda y 135% a lo aportado por la avena, sin embargo no existió diferencia entre los dos primeros ( $P > 0.05$ ) pero si existe diferencia ( $P \leq 0.05$ ) con respecto a la avena (Cuadro 4).

La producción de FDN por parte del pasto bermuda con 4,589 kg FDN ha<sup>-1</sup> fue superior en un 44 % a la asociación de las tres especies y superior en 110% a la asociación de pasto bermuda con ballico, existiendo diferencia ( $P < 0.005$ ) de la asociación bermuda-avena sobre las otras asociaciones pero no entre estas dos últimas (Cuadro 4).

**Cuadro 3.** Porcentaje de proteína, MS digestible y fibra detergente neutra por especie en las diferentes asociaciones de bermuda gigante (BG), ballico anual (BA) y avena (AV).

Porcentaje de PC					
	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	Promedio
Bermuda	14.4	14.7	14.8 b	5.07	14.6 b
Ballico	15.3	13.5	0	4	14.4 b
Avena	15.9	0	17.4 a	1.5	16.7 a
EEM	1.57	2.4	0.98		0.5
Promedio	15.2	14.1	16.1	3.13	
Porcentaje de MS digestible					
	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	Promedio
Bermuda	54 c	56 b	54 b	2.3	55 c
Ballico	70 b	71 a	0	4.4	70 b
Avena	75 a	0	76 a	2.3	76 a
EEM	2.87	2.1	1.23		0.92
Promedio	66	64	65	8.7	
Porcentaje de FDN					
	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	Promedio
Bermuda	64 A	61 B	63 AB	1.9	63 a
Ballico	49	48	-	3.7	48 b
Avena	47	-	49	3.05	48 b
EEM	1.69	1.7	1.2		0.51
Promedio	54	56	57	7.5	

Diferencias en letras mayúsculas en la misma fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

Diferencias en letras minúsculas en la misma columna indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

El mayor promedio en la aportación de FDN lo dio el ballico con 3,586 kg de FDN ha<sup>-1</sup>, superando a lo aportado por el pasto bermuda que fue de 3314 kg de FDN ha<sup>-1</sup>, sin existir diferencia ( $P > 0.05$ ) entre ellos. Sin embargo lo aportado por la avena fue de 1,230 kg de FDN ha<sup>-1</sup> existiendo diferencia ( $P \leq 0.05$ ) de la avena con las otras dos gramíneas (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Rendimiento de proteína cruda (kg de PC ha<sup>-1</sup>), MS digestible (kg MS digestible ha<sup>-1</sup>) y fibra detergente neutro (kg FDN ha<sup>-1</sup>) por especie y combinadas de las diferentes asociaciones de bermuda gigante (BG), ballico anual (BA) y avena (AV).

	kg de PC ha <sup>-1</sup>				Promedio
	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	
Bermuda	702 Bb	492Bb	1051 Aa	138	748b
Ballico	1077a	1053 a	-	40	1065 a
Avena	106 Bc	-	782 Ab	21	444c
EEM	43.3	145.8	37.8		118
TOTAL	1885	1545	1832	179.6	
	kg de MS digestible ha <sup>-1</sup>				Promedio
	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	
Bermuda	2695 Bb	1942Bb	3932 Aa	539	2856a
Ballico	4876 a	5572 a	-	820	4557 a
Avena	498Bc	-	3373 Ab	252	1936b
EEM	320.2	1016	175		717
TOTAL	8069	7514	7305	1014	
	kg de FDN ha <sup>-1</sup>				Promedio
	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	
Bermuda	3178 ABa	2175B	4589 Aa	694.6	3314 a
Ballico	3415 a	3757	-	650	3586 a
Avena	312 Bb	-	2146 Ab	92.9	1230 b
EEM	294.4	919.7	225		622.6
TOTAL	6905	5932	6735	1025	

Diferencias en letras mayúsculas en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05).

Diferencias en letras minúsculas en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05).

### **Conclusiones del experimento**

La combinación de ballico anual o avena solas o combinadas sobre una pradera de pasto bermuda, no muestra diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en cuanto a la producción total de forraje y MS digestible.

La producción de forraje por parte del pasto bermuda es superior en la asociación donde se combina solamente con avena, debido a la pronta recuperación de su latencia.

El ballico anual es superior a la avena en cuanto a su producción de forraje, PC y MS digestible.



## **EXPERIMENTO 2. Determinación de las Tasas de Crecimiento, Acumulación de Nutrientes y Calidad Nutricional del Zacate Klein (*Panicum coloratum*) en el Valle de Mexicali.**

### **INTRODUCCION**

Las praderas cultivadas en el Norte de México son principalmente de gramíneas templadas y tropicales, siendo estas últimas las que prevalecen durante el verano. Las más comúnmente utilizadas en el valle de Mexicali son diferentes variedades de zacate Bermuda, aunque desde hace algunos años ha sido introducido el pasto Klein (*Panicum coloratum*), pero del cual no existe mayor conocimiento de su adaptación a las condiciones regionales. Por los resultados en otras regiones (Ribotta, *et al.* 2005) se conoce que el pasto Klein es una especie perene con alto potencial productivo y persistencia (>10 años), con tolerancia media a las sequías y alta a las heladas, crece mejor en suelos franco-arenosos y es bien aceptado por el ganado. Sin embargo, el conocimiento de su dinámica de crecimiento es esencial para la planeación de un sistema eficiente planta-animal (Hodgson. 1990). Por tanto el objetivo general del presente estudio es la determinación de las tasas de crecimiento, producción de forraje, digestibilidad, y estimar los periodos óptimos de corte en zacate Klein (*Panicum coloratum*) en el Valle de Mexicali, Baja California.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El área de estudio se localiza en la Mesa de Andrade, valle de Mexicali a 32° 39' latitud norte y 115° 18' longitud oeste, a una altura de 12 msnm. Presenta un clima cálido extremo con temperatura y precipitación media anual de 24°C y 60 mm, respectivamente. El suelo en el área de estudio es arenoso con alta capacidad de infiltración y manto freático profundo. Para poder determinar las tasas de crecimiento y producción de forraje durante el ciclo de producción del Zacate Klein se delimitaran tres sitios de 4 x 8 m distribuidos equidistantemente. Considerado como una unidad experimental cada uno se dividirá en 32 áreas de 1 m<sup>2</sup>. Se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura, se cortaron semanalmente cuatro muestras de 0.1 m<sup>2</sup> en cada sitio durante ocho semanas por cada periodo. El forraje cosechado se separó en

hoja, tallo, inflorescencia y material muerto. Se tomó el número y longitud promedio de tallos. Los materiales se secaron a 55°C por 48 h en una estufa de ventilación forzada para determinar los datos en base materia seca (MS). El forraje cosechado se separó en gramínea, material muerto y maleza, la gramínea se separó en hoja y tallo. La muestra se secó a 55°C por 48 h en una estufa de ventilación forzada para determinar producción en base materia seca (MS). Las variables estimadas son: Producción de forraje total, hoja y tallo, composición química del forraje cosechado (proteína cruda (PC), Fibra detergente neutro (FDN) digestibilidad in vitro tasa de crecimiento, número de tallos por metro cuadrado, longitud de tallo y la relación Hoja: tallo. La TC en kg MS ha<sup>-1</sup> se determinó con la siguiente ecuación:

Dónde: MSPt2= Materia seca presente en el tiempo 2; MSPt1= Materia seca presente en el tiempo 1;

$$TC = \frac{MSPt2 - MSPt1}{T2 - T1};$$

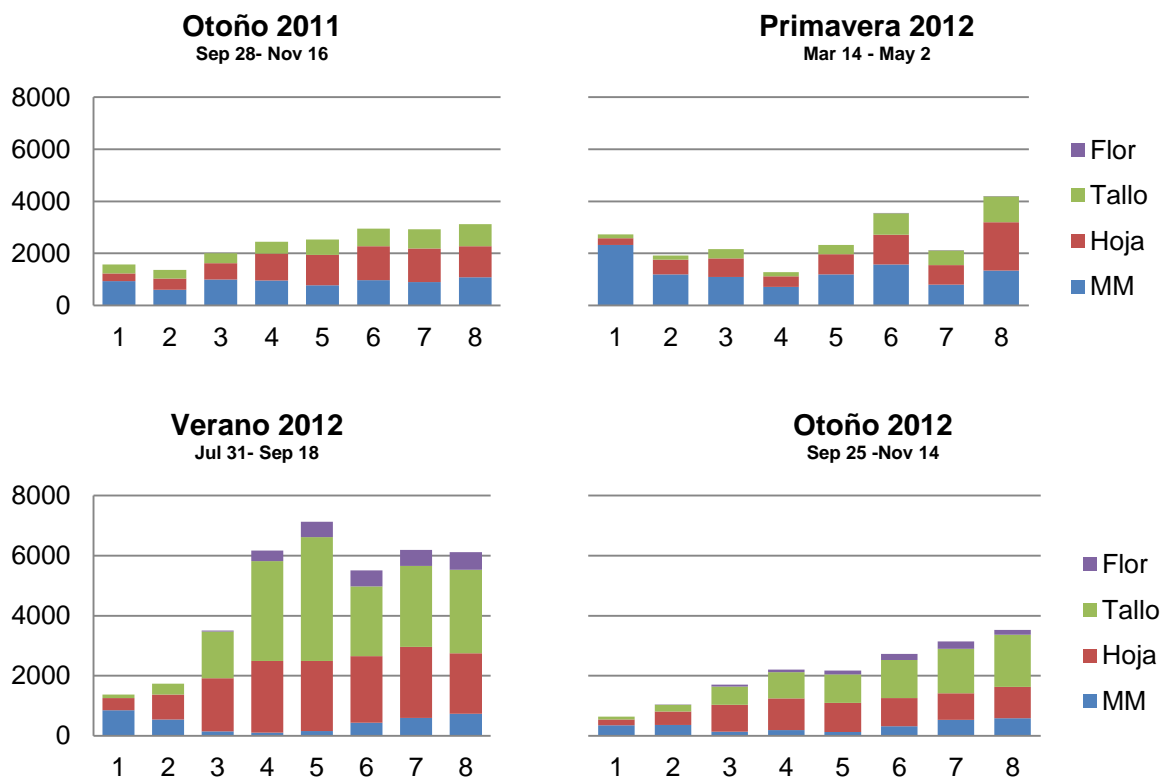
T1= número de días transcurridos entre las mediciones.

Los datos del experimento se analizaron con los procedimientos Mixed y GLM del programa SAS. Los datos obtenidos semanalmente se compararon entre estaciones utilizando una prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Por ser una gramínea clasificada como C<sub>4</sub>, el pasto Klein alcanza hasta 6000 kg de MS ha<sup>-1</sup> durante el verano en la quinta semana después del corte (Figura 1). Aunque durante el verano la producción tanto de hoja como de tallo fue menor (P < 0.05) en las primeras dos semanas comparado con las restantes seis semanas. Durante el verano, que fue la estación de mayor crecimiento (P < 0.05), la diferencia en la producción total de materia seca ocurrió por el diferencial en la producción de tallo, que alcanzó el máximo en la quinta semana; de hecho, la producción de tallo decrece después de la quinta semana, aunque sin diferencias (P > 0.05) entre las semanas 6, 7 y 8, el comportamiento es descrito por la función cuadrática  $Y = -1906 + 1762.1X - 151.4X^2$  (P < 0.01, r<sup>2</sup> = 0.73; donde Y = producción semanal de tallo y X = semana de rebrote). Durante el otoño de ambos años se mantiene una tendencia similar en producción, de tal forma que es en las dos primeras semanas cuando se tiene la menor producción

total y por componente con respecto al resto de las semanas. Aunque en el otoño la mayor producción se encuentra en la semana ocho, esta es solo una diferencia numérica, ya que desde las semanas 5 para el primer año y 6 para el segundo año no hay diferencia ( $P > 0.05$ ). Debido al material residual del invierno, período en el cual no se utiliza la pradera, durante la primavera se presenta la mayor cantidad de material muerto. Sin embargo la mayor producción de hoja y tallo ocurre hasta la semana ocho, fenómeno atribuido al aumento en temperatura ambiental por la cercanía del verano.

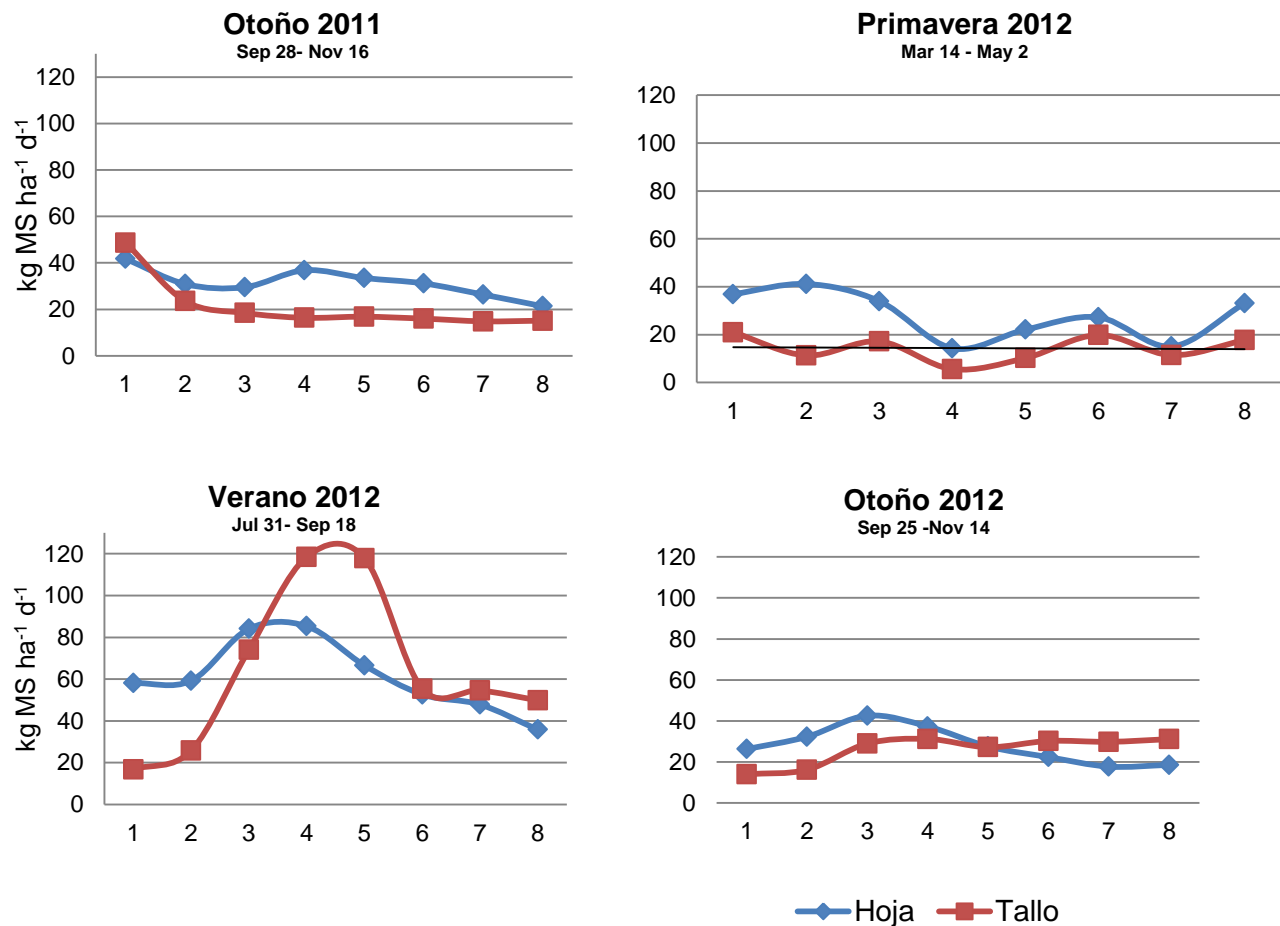


**Figura 1.** Producción de forraje en base materia seca ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) de pasto Klein en cuatro periodos de estudio durante ocho semanas.

$\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ; kilogramos de materia seca producida por hectárea por día.

La Tasa de crecimiento (Figura 2) de la hoja para el otoño muestra un máximo en la semana cuatro con una tendencia de disminuir después de esta, para el caso del tallo, su TC tiene una tendencia estable después de la tercera semana. Para la

primavera la TC muestra una tendencia con altibajos pero rondando los mismos valores que el otoño. Durante el verano la TC de hoja y tallo empieza a crecer en la semana dos alcanzando un pico en la semana 3 y 4 para la hoja y 4 y 5 para el tallo siendo mayor únicamente para las semanas 6, 7 y 8, que son las semanas donde la TC decrece. Como podemos observar la fase de crecimiento rápido ocurre desde la segunda semana terminando en la tercera o quinta semana para el verano.

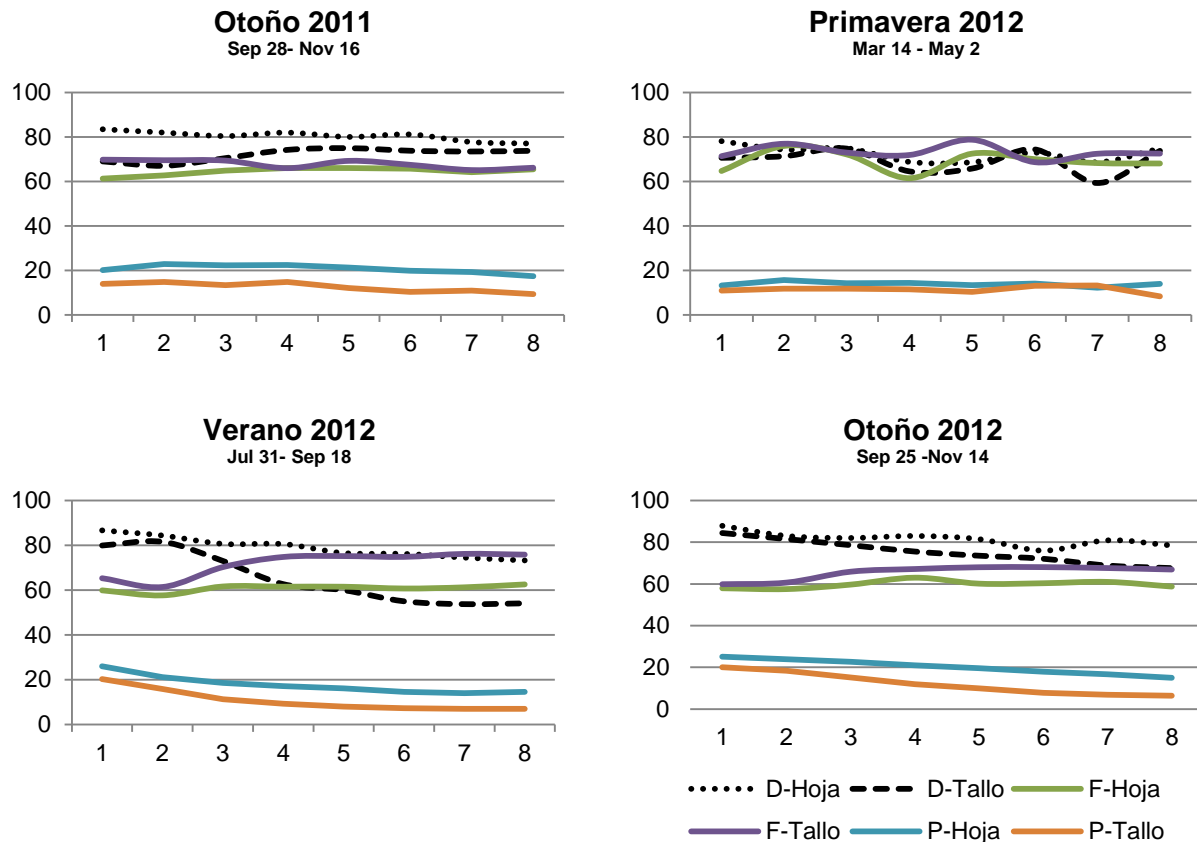


**Figura 2.** Tasas de crecimiento en kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de hoja y tallo de pasto Klein por semana y por periodo de estudio.

kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; kilogramos de materia seca producida por hectárea por día.

El valor de la digestibilidad (Figura 3) se muestra superior en la hoja con respecto al tallo en aproximadamente cinco unidades, por lo menos para el otoño, para la primavera la diferencia es menos aunque muestra un comportamiento errático. Para el verano sigue siendo superior la digestibilidad de la hoja que la del tallo, pero los valores son decrecientes alcanzando los valores más bajos que en las otras estaciones. En general el pasto Klein muestra una alta digestibilidad para otoño y primavera con valores entre 70 y 80 % de MS digestible, mismo valor para el verano para la hoja, pues el tallo alcanzo valores de 55 % de MS digestible. La concentración de FDN para el otoño es ligeramente superior a 70 %. El valor de FDN de la hoja siempre fue menor (aunque por poco) que el valor del tallo. Para el otoño el valor de FDN se encuentra en un rango de 60 a 70, pero para la primavera y verano el valor por lo menos para el tallo se acerca al 80 %. Para el verano la concentración de FDN se mantiene cerca de 60%.

La concentración de proteína en hoja para el otoño 2011 tienen los valores más altos (21 a 22.8 %) pero en general mantienen la misma tendencia en todas las estaciones siendo superior los valores de proteína en hoja que en tallo. La primavera presenta los valores más bajos de proteína de todo el periodo de estudio, teniendo altibajos entre semanas. Para el verano y segundo periodo de otoño la concentración de proteína muestra una constante disminución en el valor de la concentración de proteína. No debemos olvidar que la más alta producción de MS ocurre en el verano, por consiguiente se tiene una mayor producción de MS digestible, proteína y FDN para el verano que para las otras estaciones de estudio.



**Figura 3.** Porcentaje de digestibilidad de la materia seca, porcentaje de fibra detergente neutro y porcentaje de proteína del pasto Klein en sus componentes hoja y tallo durante ocho semanas en los cuatro periodos de estudio.

D-Hoja; Porcentaje de digestibilidad de la hoja, D-Tallo; porcentaje de digestibilidad del tallo, F-Hoja; Porcentaje de fibra detergente neutro de la hoja, F-Tallo; Porcentaje de fibra detergente neutro del tallo, P-Hoja; Porcentaje de proteína de la hoja, P-Tallo; Porcentaje de proteína del tallo.

En el cuadro 1 se muestra la relación Hoja-Tallo, resultado de dividir el peso seco de la hoja entre el peso seco del tallo. La relación más alta para el otoño se encuentra en la semana 4, aunque no tiene diferencia con las semanas 3, 5, 6 y 7. Para el periodo de primavera la semana cuatro muestra una relación de 3.1 sin existir diferencia con las semanas 1 y 2. Así mismo se observa en este periodo que la relación no sigue un patrón establecido, pues sube y baja en diferentes ocasiones. Esto se puede explicar por la constante aparición de nuevos tallos a lo largo de todo el periodo. El verano muestra un atendencia a la baja teniendo su índice más bajo en la semana 4,

después de ello aumenta su valor para tener una nueva caída en la semana 8. El otoño del 2012 sigue un patrón de caída, teniendo su índice más alto en la semana 2 y el más bajo en la semana 8.

**Cuadro 1.** Relación Hoja-Tallo del pasto Klein durante ocho semanas en los cuatro periodos de estudio.

Semana	Otoño 2011	Primavera 2012	Verano 2012	Otoño 2012
1	0.86 <sup>c</sup>	5.93 <sup>a</sup>	3.76 <sup>a</sup>	2.06 <sup>a</sup>
2	1.33 <sup>bc</sup>	4.73 <sup>a</sup>	2.76 <sup>a</sup>	2.16 <sup>a</sup>
3	1.8 <sup>ab</sup>	2.56 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	1.73 <sup>ab</sup>
4	2.53 <sup>a</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	0.76 <sup>b</sup>	1.43 <sup>bc</sup>
5	2.23 <sup>ab</sup>	2.23 <sup>b</sup>	0.6 <sup>b</sup>	1.06 <sup>cd</sup>
6	2.10 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>b</sup>	0.93 <sup>b</sup>	0.76 <sup>d</sup>
7	2.20 <sup>ab</sup>	1.43 <sup>b</sup>	0.9 <sup>b</sup>	0.63 <sup>d</sup>
8	1.46 <sup>bc</sup>	2.06 <sup>b</sup>	0.73 <sup>b</sup>	0.6 <sup>d</sup>
Med.	1.81	2.96	1.48	1.3
EE	0.32	1.62	0.45	0.19

Diferencias en letras minúsculas en la misma columna indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).  
EE; Error estándar, Med. Media promedio

El número de tallos por metro cuadrado (Cuadro 2) para el primer periodo de estudio mostro una serie de altibajos teniendo su punto más bajo en la semana 1 sin tener diferencia ( $P > 0.05$ ) con la semana 2, 3 y 4 y su valor más alto en la semana 8 también sin diferencia ( $P > 0.05$ ) con las semanas 5,6 y 7. Para la primavera tuvo el valor más alto en la semana 1 y el más bajo en la semana 4 existiendo diferencia entre ellos ( $P < 0.05$ ). El verano tuvo su valor más alto en la semana cuatro aunque no mostro deferencia con ninguna de las otras semanas ( $P > 0.05$ ). En el segundo otoño tenemos el valor más alto en la semana 4 y el más bajo en la semana 5 sin existir diferencia entre ellos ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 2.** Numero de tallos por metro cuadrado del pasto Klein durante ocho semanas en los cuatro periodos de estudio

Sem	Otoño 2011	Primavera 2012	Verano 2012	Otoño 2012
	T/m <sup>2</sup>	T/m <sup>2</sup>	T/m <sup>2</sup>	T/m <sup>2</sup>
1	929.7 <sup>d</sup>	2440.3 <sup>a</sup>	1052.7	923.0
2	1089.3 <sup>cd</sup>	1293.3 <sup>bcd</sup>	998.7	981.3
3	953.3 <sup>d</sup>	1144.3 <sup>cd</sup>	1321	1138.0
4	1289.3 <sup>bcd</sup>	889.3 <sup>d</sup>	1407.7	1200.3
5	1625.3 <sup>abc</sup>	1622.7 <sup>b</sup>	1251	901.3
6	1706.3 <sup>ab</sup>	1412.0 <sup>bc</sup>	1199.3	937.7
7	1472 <sup>abcd</sup>	1612.0 <sup>b</sup>	1315	966
8	1929.3 <sup>a</sup>	1581.0 <sup>b</sup>	1088.7	1147.0
Med.	1374.3	1499.4	1204.3	1024.3
EE	210.8	152.9	149.2	155.4

Diferencias en letras minúsculas en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05).  
EE; error estándar, Med. Media aritmética, T; número de tallos.



## **Conclusión del experimento**

La fecha óptima de corte para el verano se considera entre la cuarta y quinta semana y para primavera y otoño se considera entre la quinta y sexta semana. En el verano es más pronunciada la disminución de la digestibilidad conforme aumentan los días de rebrote debido al incremento persistente hasta la cuarta semana en la cantidad de FDN. En las otras estaciones se mantuvo casi constante. La concentración de proteína mostro una disminución con respecto al tiempo para el verano pero se mantiene estable para las demás estaciones.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

La combinación de ballico anual o avena solas o combinadas sobre una pradera de pasto bermuda, no muestra diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en cuanto a la producción total de forraje y MS digestible.

La producción de forraje por parte del pasto bermuda es superior en la asociación donde se combina solamente con avena, debido a la pronta recuperación de su latencia durante el periodo de estudio.

El ballico anual es superior a la avena en cuanto a su producción de forraje, PC y MS digestible.

Para el caso de pasto Klein:

La fecha óptima de corte para el verano se propone entre la cuarta y quinta semana y para primavera y otoño se considera entre la quinta y sexta semana.

## LITERATURA CITADA

- Anderson B. y Shapiro C. 1999. Fertilizing grass pastures and haylands. Range and forage resources. Cooperative Extension. University of Nebraska. Bulletin G78-406-A. <http://ianrpubs.unl.edu/range/g406>.
- Ammar H., S. López, J.S. González, M.J. Ranilla. 2004. Seasonal variations in the chemical composition and digestibility of some Spanish leguminous shrub species. *Animal Feed Sci. and Technol.* 115: 327-340.
- AOAC, 1980. Official Methods of Analysis (13<sup>th</sup> Ed). Association of Official Analytical Chemistry. Washington, D. C.
- Balasko A., J. Evers G. and Duell W. R. 1995. Bluegrasses, Ryegrasses and Bentgrasses. *In: Forages. Volume I. An Introduction to Grassland Agriculture.* 5a Ed. Iowa. Iowa State University Press.
- Baron V.S., A.C. Dick and J.R. King. 2000. Leaf and stem characteristics of cool season grasses grown in the Canadian Parkland. *Agrom. J.* 92: 54-63.
- Beever D. E., N. Offer and M. Gill. 2000. The feeding value of grass and Grass and grass products. *In: Grass. Its production and utilization.* Trd. Ed. British Grassland Society-Blackwell Science. pp. 140-143.
- Bos H. and J. Neuteboom. 1998. Morphological analysis of leaf and tiller number dynamics of Wheat (*Triticum aestivum* L.): Responses to temperature and light intensity. *Annals of Botany.* 81: 131-139.
- Bruinenberg M., H. Valk, H. Korevaar and P. Struik. 2001. Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass and Forage Science.* 57: 292-301.

- Burton G. W., J. E. Hook, J. L. Butler, and R. E. Hellwig. 1988. Effect of Temperature, Daylength, and Solar Radiation on Production of Coastal Bermudagrass. *Agron. J.* 80:557-560.
- Cabanillas R. C., Ibarra D. G. D., Zapata M. M. A., Lizárraga del C. G., Burboa C. F. R. 1996. Efecto de la densidad y método de siembra de ballico en el rendimiento de forraje y semilla. *Memoria técnica patrocipes*, NO. 10.
- Carrillo V., M. Rodríguez., U. Manríquez., D. Vásquez., E. Rivas. y J. Fariñas. (2000). Efecto de la fertilización nitrogenada, edad y época de corte sobre el valor nutritivo del pasto *Andropogon gayanus*. *Zoot Trop.* 18(2): 235-254.
- Casal J., V. Deregibus and R. Sánchez. 1985. Variation in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far red irradiation.
- Castillo E., Coward J., Sánchez J., Jimenez C. y López C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre productividad, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto kikuyo bajo pastoreo en el Canton de Coronado. *Agron. Costar.* 7(1/2):9-15.
- Cervantes M., Álvarez E., Torrentera N., Mendoza G., Espinoza S., Velderrain A. y González S. 2000. Época de corte y composición nutricional, sitio y grados de digestión del ballico anual (*Lolium multiflorum*) en novillos. *Agrociencia.* 34: 413-422.
- Chaves A.V., G.C. Waghorn, I.M. Brookes and D.R. Woodfield. 2006. Effect of maturation and initial harvest dates on nutritive characteristics of ryegrass (*Lolium perenne* L). *Animal Feed Sci. and Technol.* 127: 293-318.

- Cherney D.J., D.R. Mertens and E.J. Moore. 1990. Morphology, fiber and mean particle diameter relationships in ground barley and oat forages at different ages. *Animal Feed Sci. and Technol.* 31: 65-78.
- Chilibroste P., S. Tamminga, H. Boer, M.J. Gibb and G. Dikken. 2000. Duration of Regrowth of Ryegrass (*Lolium perenne*) Effects on Grazing Behavior, Intake, Rumen Fill, and Fermentation of Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* 83:984–995
- Duhalde J. 2001. Tasas de crecimiento y curvas de producción en avena y Raigras anual, 2001. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA Rivadavia 1439 (1033), Buenos Aires, Argentina.
- Duthil J. 1980. Producción de forrajes. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª edición Madrid España.
- Echavarría Chairez F. G., Serna Pérez A. Bañuelos Valenzuela R. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II cambios en el suelo. *Tec Pecu Méx*; 45(2):177-194
- Evers, G. W. 2005. A Guide to Overseeding Warm-Season Perennial Grasses with Cool-Season Annuals. Regents Fellow and Professor Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center Overton, Texas 75684
- Evers, G. W. 2002. Ryegrass–Bermudagrass Production and Nutrient Uptake when Combining Nitrogen Fertilizer with Broiler Litter. *Agron. J.* 94:905–910.
- FERRI M., Carlos; BRIZUELA, Miguel A; CID, M Silvia y STRITZLER, Néstor P. 2006. Dinámica de Acumulación de Láminas Foliares y Estructura del Forraje Diferido de *Panicum coloratum* L. *Agric. Téc.* vol.66, n.4, pp. 376-384 . Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-)

Findenegg G. 1987. A comparative study of ammonium toxicity at different constant pH of the nutrient solution. *Plant and Soil*. 103: 239-243.

Garduño S. V., Pérez Pérez J., Hernández Garay A., Herrera Haro J. G., Martínez Hernández P. A., Joaquín Torres B. M. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Tecnica Pecuaria Méx.* 2009; 47(2):189-202

Gautier H., C. Varlet and L. Hazard. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L) selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany*. 83: 423-429.

Givens D.I., J.M. Everington and A.H. Adamson. 1989. The nutritive value of spring-growth herbage produced on farms throughout England and Wales over four years. I. The effects of stage of maturity and other factors on chemical composition, apparent digestibility and energy values measured *in vivo*. *Animal feed Sc. and Technol.* 27: 157-172.

González F. and J.M. Ortiz. 1996. Potential of *Cytisus* and allied (Genisteeae: Fabaceae) as forage shrubs. 2. Chemical composition of forage and conclusions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 39: 205-213.

Hannaway D., S. Fransen, J. Cropper, M. Teel, M. Chaney, T. Griggs, R. Halse, J. Hart, P. Cheeke, D. Hansen, R. Klinger, and W. Lane. 1999. Ryegrass Annual (*Lolium multiflorum* Lam.). A Pacific Northwest Extension Publication Oregon State University, Washington State University, University of Idaho. PNW 502. April 1999.

- Harris S., E. Thom and D. Clark. 1996. Effect of high rates of nitrogen fertilizer on perennial ryegrass growth and morphology in grazed dairy pasture in northern New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 39:159-169.
- Hernández G.A., J.G. Hodgson, C. Matthew. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal Agricultural Research*. 40: 25-35.
- Hodgson J. 1990. *Grazing management: Science into practice*. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hopkins, A. 2000. Herbage Production. In: *Grass. Its production and utilization*. Trd. Ed. British Grassland Society-Blackwell Science. pp. 90-101.
- Horst G., J. Nelson and K. Asay. 1978. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. *Crop. Sci.* 18: 715-719.
- Hughes, Heath y Meetcalfe. 1984. *Forrajes*. Editorial CECOSA. México.
- Jahn E. B., Vidal A., Baez F., Soto P., Arredondo S., 2002. Utilización de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en tres estados de madurez y dos residuos con vacas en lactancia a pastoreo. *Agric. Téc.* v.62 n.1 Chillán ene. 2002
- Jiang, Y and B. Huang. 2001 Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop. Sci.* 41:436-42.
- Johnson C., B. Reiling, P. Mislevy and M. Hall. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *J. Anim. Sci.* 79:2439-2448.

Juscafresa B. 1993. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. EDITIA Mexicana. México.

Karsten H. and J. MacAdam. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by perennial ryegrass, tall fescue, and white clover. *Crop Sci.* 41: 156-166.

Lazcano C. E. 2002. Caracterización de las plantas para maximizar la producción animal. *Archivo latinoamericano de producción animal.* 10(2); 126-132. Colombia.

Marais J. and D. Goodenough. 2000. Nutritive value and matter yield of annual ryegrass 121c. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 30(Supplement 1).

McLaughlin M. R.,\* K. R. Sistani, T. E. Fairbrother, and D. E. Rowe, 2005. Overseeding Common Bermudagrass with Cool-Season Annuals to Increase Yield and Nitrogen and Phosphorus Uptake in a Hay Field Fertilized with Swine Effluent. *Agron. J.* 97:487–493

Misra A. and G. Tyler. 2000. Effect of wet and dry cycles in calcareous soil on mineral uptake of two grasses, *Agrostis stolonifera* L. and *Festuca ovina* L. *Plant and Soil.* 224: 297-303.

Moore, G, Sanford, P & Wiley, T 2006, Perennial pastures for Western Australia, 2 Department of Agriculture and Food Western Australia, Bulletin 4690, Perth.

Morris K. 2007. Grasses for Overseeding Bermudagrass Fairways, Results of a national trial demonstrate the consistent improvement of perennial ryegrass cultivars. USGA, GCM. Grasses for overseeding Bermudagrass Fairway: Part 2, Making the transition for overseeding grass to bermudagrass in the spring is extremely difficult, but using the right overseeding grass can only help. USGA, GCM marzo

- Morris, K. N. 2004. Grasses for overseeding bermudagrass fairways. Preview, United States Golf Association. USGA Green Section record, July-Aug, v. 42, no. 4, p. 17-21
- Navarro L., Vásquez D., Torres A. 1992. Efecto de fertilización nitrogenada y la edad sobre la producción, tasa de acumulación y valor nutritivo de la materia seca del pasto *Digitaria swazilandensis* Zootecnia Tropical, 10(2):131-155. <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/ZootecniaTropical/zt1002/texto/efecto.htm>
- Nelson J. 1995. Photosynthesis and carbon metabolism. *In: Forages. Volume I. An Introduction to Grassland Agriculture. 5a Ed.* Iowa. Iowa State University Press.
- Nelson J. and Volenec J. 1995. Environmental and physiological aspects of forage management. *In: Forages. Volume I. An Introduction to Grassland Agriculture. 5a Ed.* Iowa. Iowa State University Press.
- Newman Y.C., T.R. Sinclair, A.S. Blount, M.L. Lugo, E. Valencia. 2003. Forage production of tropical grasses under extended daylength at subtropical and tropical latitudes. *Environmental and Experimental Botany* 61 (2007) 18–24. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Premazzi M., F. Monteiro and J. Corrente. 2003. Tillering of Tifton 85 bermudagrass in response to nitrogen rates and time of application after cutting. *Scientia Agricola.* 60.3: 565-571.
- Redfearn D. D., Brad C. Venuto, W. D. Pitman, M. W. Alison, y Jerry D. Ward. 2002. Cultivar and Environment Effects on Annual Ryegrass Forage Yield, Yield Distribution, and Nutritive Value. *Crop Sci.* 42:2049–2054.



- Ribotta A.N., S. Griffa, E. López Colomba, Karina Grunberg, E. Biderbost. 2005. Determinación del contenido proteínico en materiales seleccionados de *Cenchrus ciliaris* L., *Chloris gayana* K. y *Panicum coloratum* L. *Pastos y Forrajes*. 28(3): 241-246.
- Richardson M. D., K. W. Hignight, R. H. Walker, C. A. Rodgers, D. Rush, J. H. McCalla, and D. E. Karcher. 2007. "Meadow Fescue and Tetraploid Perennial Ryegrass—Two New Species for Overseeding Dormant Bermudagrass Turf". Published in *Crop Sci*. 47:83–90
- Robles S. R. 1982. *Producción de Granos y Semillas*. Tercera edición, Editorial LIMUSA. México.
- Rodríguez G. J., A. López L., D. Calderón, J. Cortes N., F. D. Alvarez V., J.F. Ponce y B.A. Partida R. 2000. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera del ballico anual (*Lolium multiflorum*, var. tetraploide) en el valle de Mexicali, B. C. Mem. X Reunión Int. Sobre prod. de Carne y Leche en Climas Cálidos. ICA-UABC.
- Romney D. L. y Gill M. 2007. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition Intake of forages*. Massachusetts USA
- Salisbury F. B., Ross C. W. 1992a. *Fisiología de las plantas 2, Bioquímica vegetal*. Edit. Paraninfo Thomson Learning. España.
- Salisbury F. B., Ross C. W. 1992b. *Fisiología de las plantas 3, Bioquímica vegetal*. Edit. Paraninfo Thomson Learning. España.
- Sánchez A., Faria - Mármol J. y Araque C. 2008. Producción de materia seca en una asociación *Cenchrus ciliaris* – *Leucaena leucocephala* al aplazar su utilización durante la época seca. *Zootecnia Trop.*, 26(2): 117-123.

- SARH. 1989. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Distrito de Desarrollo Rural 002, Río Colorado. Subjefatura de Departamento de Fomento y Protección Agropecuaria y Forestal. Área de Asistencia Técnica Agrícola. Mexicali B.C. Méx.
- S. A. S. 2006. User's Guide: Statistic Analysis System. SAS. Inst., Carry, N. C.
- Scoth H. y Weihing R. 1984. Los ballicos. Forrajes. Editorial Continental. México. Pág. 343-347.
- Sevilla G., A. Pasinato y J. M. García. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras irrigadas. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 9(2): 91-98.
- Sinclair T. R., Jeffery D. Ray, Paul Mislevy, y L. Mónica Premazzi. 2003. Growth of Subtropical Forage Grasses under Extended Photoperiod during Short-Daylength Months. Publicado en Crop Sci. 43:618–623 (2003).
- Swanton C. J., Zhong Huang Jian, Shrestha Anil, Tollenaar Matthijs, Deen Willian, Rahimian Hamid. 2000. Effects of Temperature and Photoperiod on the Phenological Development of Barnyardgrass. Agron. J. 92: 1125-1134.
- Tabacco E., Borreani G., Valente M. and Peiretti P. 2004. Dry matter and water-soluble carbohydrate contents of Italian ryegrass at cutting as affected by environmentales factors. Ital. J. Agron., 8, 1, 63 – 74.
- Taleisnik, Pérez, Córdoba, Moreno, L. García Seffino, Arias, Grunberg, Bravo and Zenoff. 1998. Salinity effects on the early development stages of Panicum coloratum: cultivar differences. Grass and Forage Science, Volume 53, Issue 3, September 1998, Pages: 270–278,

- Tilley J. and K. Terry. 1963. A two stages techniques for the in vitro digestion of forage crops. J. Bri. Grass. Soc., 18(2): 104 -111.
- Torres R., Eduardo C., Carlos M., José C., Espedito G. y Luis A. 2004. Efectos de métodos de pastoreo sobre sabanas moduladas. III. Cambios de peso de novillos. Zootecnia Tropical ISSN 0798-7269 Zootecnia Trop. v.22 n.4 Maracay 2004
- Townsend C. E. and McGinnies W. J. 1972. Temperature Requirements for Seed Germination of Several Forage Legumes<sup>1</sup>. Published in Agron J 64:809-812
- Urbano D. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 14: 129-139. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigaciones del Estado Mérida. Av. Urdaneta. Edif. MAC. Apartado 425. Mérida 5101. Venezuela.
- Valdés-Reina J., Zuloaga F. O., Morrone O., Aragón L. 2009. EL GÉNERO PANICUM (POACEAE: PANICOIDEAE) EN EL NORESTE DE MÉXICO. Boletín de la Sociedad Botánica de México: Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57712091006> ISSN 0366-2128
- Vargas N. J., Yañez B. G. I. 1996. RENDIMIENTO Y COMPOSICION QUIMICA DE CINCO VARIETADES DE ZACATE BERMUDA (*Cynodon spp*) EN EL VALLE DE MEXICALI
- Velasco M., Hernández A., V.A. González, J. Pérez y H. Vaquera. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Rev. Fitotec. Méx. 25(1): 97-06.
- Velasco M., Hernández A., González V., Pérez J., Vaquera H., y Galvis A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L). Téc Pecu Méx; 39:(1):1-14.

Voisin A. 1994 "Productividad de la hierba". Editorial Hemisferio sur. 2° edición.

Wang Z., Q. Xu and B. Huang. 2004. Endogenous cytokinin levels and growth responses to extended photoperiods for creeping bentgrass under heat stress. *Crop Sci.* 44: 209-213.

Warrington I. J. and Kanemasu E. T. 1983. Corn Growth Response to Temperature and Photoperiod. II. Leaf Number. Published in *Agron J* 75:762-766.

Whitten M. and G. Ritchie. 1991. A comparison of soil test to predict the growth and nodulation of subterranean clover in aluminum-toxic topsoils. *Plant and Soil.* 136: 11-24.

Xu Z. and G. Zhou. 2004. Effects of water stress and high and nocturnal temperature on photosynthesis and nitrogen level of perennial grass *Leymus chinensis*. *Plant and Soil.* 269: 131-139.

Zhang Y., D Bunting D., Kappel L. and Hafley L. 1995. Influence of fertilization and defoliation frequency on nitrogen constituents and feeding value of annual ryegrass. *J. Anim. Sci.* 73:2474-2482.

## PUBLICACIONES ARBITRADAS

### Applicability of Predictive Equations for Alfalfa Quality to Southwest USA and Northern Mexico

Jesus Santillano-Cázares, Martín Carmona-Victoria, Francisco E. Contreras-Govea\*,  
John Idowu, and Kenneth A. Albrecht

[ Aceptado para publicación en “CROP SCIENCE” ID CROP-2014-01-0075-ORA.R2]

#### ABSTRACT

Models to estimate alfalfa (*Medicago sativa* L.) neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) concentrations using easily available variables were developed and tested in northern, humid regions of the USA but have not been validated in arid areas below 35°N latitude. The objective of this research was to test the performance of predictive equations for alfalfa quality (PEAQ) on non-dormant alfalfa grown in irrigated desert regions in New Mexico and northern Mexico. Alfalfa with fall dormancy ratings of 8 and 9 were sampled over 1 or 2 years at three irrigated locations. Five alfalfa samples were taken per field on each sample date between 0730 and 0830 h, leaving a stubble of approximately 4 cm. Observed NDF and ADF values were regressed on predicted values yielding  $r^2$  and root mean square error (RMSE) values in the range of those previously reported for alfalfa grown in northern states. The accuracy of predictions was improved by using field means ( $n = 5$ ) rather than individual samples. In most cases regression equations were biased (slope  $\neq 1$  and/or intercept  $\neq 0$ ), but the magnitude of bias was relatively small. The index of agreement ( $d$ ) was greater than 0.86 for all data, indicating an acceptable goodness of fit to predict NDF and ADF concentration using PEAQ. It is concluded that PEAQ can predict, with reasonable accuracy, fiber concentrations in alfalfa grown in desert regions of southwest USA and northern Mexico.

J. Santillano-Cázares and M. Carmona-Victoria, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C., México 21705; J. Idowu, New Mexico State University, Extension Plant Sciences Department, Skeen Hall room N140, Las Cruces, NM 88003; F.E. Contreras-Govea, University of Wisconsin-Madison, Department of Dairy Science, 1675 Observatory Drive, Madison, WI 53706; K.A. Albrecht, University of Wisconsin-Madison, Department of Agronomy, 1575 Linden Drive, Madison, WI 53706.

Received \_\_\_\_\_ \*Corresponding author (contreras@wisc.edu)

Alfalfa harvest management decisions are typically made with no knowledge of nutritive value of the forage, although this information is vital to profitability of forage-based livestock agriculture. Dairy nutritionists have developed strategies to improve milk production by optimizing neutral detergent fiber (NDF) concentrations in rations (Mertens, 2009), and total digestible nutrient (TDN) content of alfalfa has traditionally been calculated from acid detergent fiber (ADF) concentrations (Bath and Marble, 1989). But because it is time-consuming and expensive to obtain these analytical data, they generally are not available to aid in harvest management decisions. Profits for cash-crop alfalfa are driven primarily by yield in desert regions of the southwest USA (Putnam *et al.*, 2007), but forage quality is playing an increasingly important role as grain prices climb in response to demand for ethanol production. Alfalfa is usually tested before sale, and sale price is highly correlated to nutritive value in the southwest USA hay markets (Putnam *et al.*, 2007). Therefore, alfalfa growers would benefit by having forage quality information available as one of the criterion used in deciding when to harvest a field.

A number of techniques have been developed and evaluated for estimating nutritive value of alfalfa before harvest in the northern USA, based on growing degree days (Allen and Beck, 1996), maturity staging (Fick and Onstad, 1988), and a combination of maturity and stem length (Hintz and Albrecht, 1991; Parsons *et al.*, 2009). The equations developed by Hintz and Albrecht (1991) have been proven to be robust across northern temperate regions of the USA (Owens *et al.*, 1995; Sulc *et al.*, 1997; Parsons *et al.*, 2009) and in northern Europe (Andrzejewska *et al.*, 2013). These predictive equations for alfalfa quality (PEAQ) were developed and validated in northern latitudes with cultivars having ratings between 2 and 6, but performance data are lacking for alfalfa produced in desert climates of southwest USA and northern Mexico.

Nutritive value of alfalfa is known to be affected by temperature, moisture and photoperiod, through alteration of morphology, anatomy, and chemical composition of plants (Buxton and Fales, 1994). Also, fall dormancy rating of alfalfa is reported to be associated with nutritive value (Putnam *et al.*, 2007). For these reasons, the applicability of PEAQ to alfalfa grown in desert and Mediterranean environments has been questioned (Orloff and Putnam, 2007). Our objective was to systematically test

performance of predictive equations for alfalfa quality on non-dormant alfalfa grown in irrigated desert regions, below 35°N latitude, of New Mexico and northern Mexico.

## MATERIALS AND METHODS

Alfalfa for this research was grown in fields at New Mexico State University, Leyendecker Plant Science Research Center, near Las Cruces, NM (32° 11' N, 106° 44' 31 W) in 2010 (Las Cruces); New Mexico State University Agricultural Science Center at Artesia, NM (32° 45' N, 104° 23' W) in 2010 and 2011 (Artesia10 and Artesia11); and near Mexicali, Baja California (32° 24' N, 115° 9' W) in 2010 (Mexicali). Alfalfa cv WL535 (FD 8) was sampled from 2 or 3-year-old fields at Las Cruces and Artesia and cv CUF 101 (FD 9) was sampled from a 2-year-old field at Mexicali. Alfalfa was irrigated at all locations, as is the practice in commercial production in desert environments. Average high temperature for July was 35°C in Las Cruces, 35°C in Artesia, and 41°C in Mexicali. Sampling occurred once per week at Las Cruces and Artesia and twice per week at Mexicali over four or five growth cycles from April to December. Five samples, each from an area approximately 0.25 m<sup>2</sup> and leaving a stubble of approximately 4 cm, were taken per field, between 0730 and 0830, on each sample date.

The longest stem in each sample was measured to the nearest cm (MAXHT) and the most mature stem was given a numerical maturity score (MAXSTAGE) with 2 = vegetative, 3.5 = one or more visible buds, or 5.5 = one or more open flowers (Sulc *et al.*, 2001). MAXHT ranged from 25 to 79 cm at Las Cruces, 25 to 99 cm at Artesia10, 23 to 88 cm at Artesia11, and 16 to 74 cm at Mexicali, and MAXSTAGE ranged from 2 to 5.5 in each growth cycle. Estimates of NDF and ADF were made using the original equations developed by Hintz and Albrecht (1991) but modified to use three growth stages instead of five (Sulc *et al.*, 2001). These equations, referred to here as PEAQ, are:

$$\text{NDF} = 168.9 + 2.7(\text{MAXHT}) + 8.1(\text{MAXSTAGE})$$

$$\text{ADF} = 115.7 + 2.1(\text{MAXHT}) + 7.9(\text{MAXSTAGE})$$

After measuring and staging, the alfalfa samples were dried in a forced air oven at 60°C and ground to pass a 1.0-mm screen in a Wiley laboratory mill (Thomas Scientific Co., Philadelphia, PA). The ADF and NDF concentrations were measured in the laboratory by sequential analysis (Van Soest *et al.*, 1991) by the batch procedure outlined by ANKOM Technologies Corp. (Fairport, NY, USA). This procedure included



use of heat stable alpha amylase and sodium sulfite in the NDF extraction step (Hintz and Albrecht, 1991; Hintz *et al.*, 1996).

Linear regression procedures described by Fick and Janson (1990) were used to examine the relationship between predicted (estimated) fiber values and laboratory (observed) values. The statistical analysis was conducted using the GLM procedure of SAS with the solutions statement to fit the linear trend. Regression analyses were performed on individual samples as well as on field means of five subsamples averaged per field-sampling date combination. The statistical validation of equations used here is a test of goodness of fit of predictions to observations. The root mean square error (RMSE), the standard deviation about the regression line, is the prediction error when validation data are independent of the data used to develop or calibrate the prediction equation. Root mean square error values were calculated using the REG procedure of SAS (SAS Institute Inc., 2008) to determine the prediction error associated with the equations. All regression lines were tested for intercepts of 0 and slopes of 1.0 using the TEST statement in the GLM procedure of SAS (SAS Institute, 2008). If the intercept and/or slope differ significantly from either condition, the prediction equation is biased (MacNeil, 1983). The  $r^2$  also indicates goodness of fit, with values near 1.0 indicating a close association between predicted and observed data. However, Willmott (1981) and Sulc *et al.*, (1997) also reported that  $r^2$  can be misleading at times and may not indicate the true performance of the prediction equation. Therefore, the index of agreement ( $d$ ) was calculated to further define the relationship between predicted and observed values, and reflects the degree to which the observed variate is accurately predicted by the simulated variate (Willmott, 1981, 1982). The  $d$  statistic is a formal analysis of two types of residuals, whereas even if data are highly dispersed around the regression line,  $r^2$  can be high if the range of data is great. The index of agreement ranges from 0 to 1.0, where 1.0 indicates perfect agreement between observed and predicted values, and 0 indicates complete disagreement. Systematic (RMSE<sub>s</sub>) and unsystematic (RMSE<sub>u</sub>) components of RMSE were calculated as described by Willmott (1981, 1982). Linear bias produced by a model is described by RMSE<sub>s</sub>, whereas RMSE<sub>u</sub> may be interpreted as a measure of precision, where in a “good” model RMSE<sub>s</sub> should approach zero, while RMSE<sub>u</sub> should approach the RMSE.

## RESULTS AND DISCUSSION

Non-dormant alfalfa evaluated in four irrigated desert environments ranged in maturity from vegetative to late flower stage of development, and individual stem length ranged from 16 to 99 cm. Earlier reports that PEAQ overestimate NDF and ADF when stem length is less than 30 cm (Sulc *et al.*, 1997) were not confirmed in desert environments. We observed no improvement in performance of equations when samples with stems less than 30 cm were removed from the analysis (data not shown). Mean July high temperature ranged from 35 to 40°C over the four site-years, but moisture was not limiting because of irrigation. In WI, where PEAQ were developed, high summer temperatures are often associated with drought, however alfalfa grown with and without irrigation during a summer where temperatures were in the 35 to 40°C range was included in original PEAQ development (Hintz and Albrecht, 1991).

Predictive equations for alfalfa quality underestimated NDF in three of the four environments and overestimated ADF in three of four environments (Table 1), however these differences fall within the range of error typical in commercial forage testing laboratories in the USA (Owens *et al.*, 1995; Undersander and Martin, 1997) and are similar to earlier reports by Sulc *et al.* (1997) and Owens *et al.* (1995). Coefficients of determination ( $r^2$ ) relating predicted to actual NDF ranged from 0.65 to 0.86 and for ADF from 0.67 to 0.87, indicating a good fit of the models to the data. And RMSE, which is the standard deviation about the regression line and prediction error when validation data are independent of data used to develop prediction equations, were in the range of those reported for validation of PEAQ in northern USA (Sulc *et al.*, 1997; Owens *et al.*, 1995).

Bias for prediction of NDF and ADF with PEAQ was observed over all environments. For NDF, slope of lines was different from 1 in all environments and in the combined data set, being less than 1 in four cases and greater than 1 in one case (Table 1). Intercept was greater than 0 in two of the environments and the combined data set, an indication that the equations are biased (MacNeil, 1983). For ADF, slopes were less than 1 in three of four environments and the combined data set. Intercept was greater than 1 in two environments. These metrics demonstrate that PEAQ

predictions of NDF and ADF are biased to about the same degree as observed in previous research in northern USA (Sulc *et al.*, 1997; Owens *et al.*, 1995) and Northern Europe (Andrzejewska *et al.*, 2013).

Performance of the equations was improved by comparing field means rather than individual samples. Analysis conducted on field means for each sampling date increased  $r^2$  and decreased RMSE for both NDF and ADF predictions (Table 2). In all but one environment, slope was not different from 1 and intercept not different from 0, essentially eliminating bias. These results support findings of Sulc *et al.* (1997) who demonstrated improved PEAQ performance with field means.

The accuracy of PEAQ is further illustrated by comparing mean NDF and ADF values (Table 1). For NDF the difference between predicted and observed values range from 2 to 33 g kg<sup>-1</sup>, and for ADF the range was 7 to 26 g kg<sup>-1</sup>. For NDF, 61% of individual samples had PEAQ values within  $\pm 30$  g kg<sup>-1</sup> of observed values and for ADF 73% of predicted values were within  $\pm 30$  g kg<sup>-1</sup> of observed values (Table 3). Prediction errors were reduced further when field means for either fiber constituent were compared.

In previous research (Sulc *et al.*, 1997; Owens *et al.*, 1995),  $r^2$  was the only indicator of goodness of fit of PEAQ equations for prediction of fiber constituents in alfalfa samples independent of those used for equation development. In the current study,  $r^2$  values are similar to those reported by Sulc *et al.* (1997). However, Sulc *et al.* (1997) also reported that even when  $r^2$  is high; it may not indicate the true performance of the prediction equations. In our research, Artesia10 and Artesia11 were the two environments with greatest  $r^2$  for NDF (0.77 and 0.86) and ADF (0.87 and 0.87). The lowest  $r^2$  for NDF was Mexicali (0.70) and for ADF Las Cruces (0.67). Therefore, considering just  $r^2$  as indicator of goodness of fit, it might be concluded that PEAQ predicts NDF and ADF more accurately in Artesia than the other environments. Recently, Andrzejewska *et al.* (2013) conducted a study for 3 years to assess the goodness of fit of alfalfa PEAQ equations developed in USA to northern Europe. They found  $r^2$  ranged from 0.89 to 0.95 for NDF and ADF, which were greater than those reported by Sulc *et al.* (1997). In this study, Andrzejewska *et al.* (2013) also reported the  $d$ -index as an indicator of goodness of fit of the model (Willmott, 1982). The  $d$ -index

ranged from 0.97 to 0.99 for either NDF or ADF predictions. Two components of RMSE, RMSE<sub>s</sub>, an index of systematic error, and RMSE<sub>u</sub>, an index of unsystematic or random error were also reported. Values of RMSE<sub>s</sub> approached zero indicating that improvement of performance by changing the equation would be difficult, and RMSE<sub>u</sub> approached RMSE indicating that most of the error was random.

In the current research, the *d*-index was calculated and was not as high as those values reported by Andrzejewska *et al.* (2013), but all were greater than 0.86 (Table 1). Individually, Artesia10 had greater *d*-index values for NDF (0.92) and ADF (0.96) than the other environments, whereas all four environments combined had greater *d*-index than Mexicali, Artesia11, and Las Cruces for either NDF or ADF. This is also supported by the distribution of the error terms, RMSE<sub>s</sub> and RMSE<sub>u</sub>, where in either Artesia10 or all four environments combined, RMSE<sub>s</sub> was closer to zero and RMSE<sub>u</sub> was closer to RMSE.

Predicting alfalfa fiber concentration before harvest as an indicator of nutritive value was a challenge before 1990. Predictive equations for alfalfa quality developed by Hintz and Albrecht (1991) were simple means to predict NDF and ADF concentration in the Midwest, and validation of these original equations to other regions (Owens *et al.*, 1995; Parsons *et al.*, 2009) indicated that PEAQ usefulness could be extended. Because of lack of validation, Orloff and Putnam (2007) questioned the application of PEAQ to desert or Mediterranean regions where semi-dormant and non-dormant alfalfa is grown. We have collected data that documents usefulness of PEAQ in these regions. Certainly, irrigation and high temperatures during summer in these regions have an effect on alfalfa growth, which could contribute to lower  $r^2$  or greater RMSE between estimated and observed; but even with that, PEAQ were able to predict alfalfa fiber concentration with a certain level of accuracy as is reflected in the *d*-index.

On a farm scale, clipping would not be necessary and a farmer or crop consultant could measure standing alfalfa, but would need to subtract 4 cm (or other stubble height) from the “MAXHT” before entering this into the predictive equations. Alternatively, incremental NDF, ADF, TDN, or relative feed value (RFV) markings based on MAXHT within the three maturity stages have been placed along three sides of a four-sided stick, providing a convenient tool for making instantaneous fiber estimates

across a field. However, as mentioned in previous studies (Sulc et al., 1997; Andrzejewska et al., 2013), PEAQ does not account for management issues, such as weeds, insects or disease.

## **CONCLUSION**

Applicability of PEAQ for predicting alfalfa fiber concentration has increased since its development in 1991. Most of the research conducted for PEAQ validation has been in the northern USA, but in the last 5 years, it was confirmed that PEAQ also performs well in Canada and northern Europe. Our results demonstrate that PEAQ can be used to estimate, with reasonable accuracy, NDF and ADF in irrigated desert environments in southwest USA and northern Mexico.

## References

- Allen, M., and J. Beck. 1996. Relationship between spring harvest alfalfa quality and growing degree days. p.16-25. *In Proc. Twenty-sixth National Alfalfa Symposium, East Lansing, MI. 4-5 March 1996. Certified Alfalfa Seed Council, Davis, CA.*
- Andrzejewska, J., F.E. Contreras-Govea, and K.A. Albrecht. 2013. Field prediction of alfalfa (*Medicago sativa* L.) fibre constituents in northern Europe. *Grass and Forage Sci.* doi: 10.1111/gfs.12069
- Bath, D.L., and V.L. Marble. 1989. Testing alfalfa for its feeding value. Oakland: University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Leaflet 21457.
- Buxton, D.R., and S.L. Fales. 1994. Plant environment and quality. P. 155-199. In G.C. Fahey, Jr. (ed.) *Forage quality, evaluation, and utilization.* ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Fick, G.W., and C.G. Janson. 1990. Testing mean stage as a predictor of alfalfa forage quality with growth chamber trials. *Crop Sci.* 30:678-682.
- Fick, G.W., and D.W. Onstad. 1988. Statistical models for predicting alfalfa herbage quality from morphological or weather data. *J. Prod. Agric.* 1:160-166.
- Hintz, R.W., and K.A. Albrecht. 1991. Prediction of alfalfa chemical composition from maturity and plant morphology. *Crop Sci.* 31:1561-1565.
- Hintz, R.W., D.R. Mertens, and K.A. Albrecht. 1996. Effects of sodium sulfite on recovery and composition of detergent fiber and lignin. *J. AOAC Int.* 79:16-22.
- MacNeil, M.D. 1983. Choice of prediction equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. *J. Anim. Sci.* 57:1328-1336.
- Mertens, D.R. 2009. Impact of NDF content and digestibility on dairy cow performance. *WCDS Advances in Dairy Technology* 21:191-2001
- Orloff, S.B. and D.H. Putnam. 2007. Harvest strategies for alfalfa. *In C.G. Summers and D.H. Putnam (ed.) Irrigated Alfalfa Management for Irrigated and Desert Zones. Chapter 13.* Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 8299.
- Owens, V. N., K. A. Albrecht, and R. W. Hintz. 1995. A rapid method for predicting alfalfa quality in the field. *J. Prod. Agric.* 8:491-495.

- Parsons, D., J.H. Cherney, and P.R. Peterson. 2009. Preharvest neutral detergent fiber concentration of alfalfa as influenced by stubble height. *Agron. J.* 101:769-774.
- Putnam, D.H., P. Robinson, E. DePeters. 2007. Forage quality and testing. *In* C.G. Summers and D.H. Putnam (ed.) *Irrigated Alfalfa Management for Irrigated and Desert Zones*. Chapter 16. Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 8302.
- SAS Institute Inc. 2008. Base SAS 9.2 SAS procedures guide. CARY, NC.
- Sulc, R.M., K.A. Albrecht, J.H. Cherney, M.H. Hall, S.C. Mueller, and S.B. Orloff. 1997. Field testing a rapid method for estimating alfalfa quality. *Agron. J.* 89:952-957.
- Sulc, R.M., K.A. Albrecht, and V.N. Owens. 2001. A simple method doe estimating alfalfa quality in the field. pp. 398-399. *In*: Proc. XIX International Grassland Congress, Sao Pedeo, SP, Brazil.
- Undersander, D., and N. Martin. 1997. What is NIR, and where is it going? p. 289-294. *In* *Silage: Field to feedbunk*. Proc. Silage: Field to Feedbunk North AM. Conf., Hershey, PA. 11-13 Feb. 1997. NRAES-99. Northeast Regional Agric. Eng. Serv., Ithaca, NY.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Willmott, C.J. 1981. On the validation of models. *Phys. Geogr.* 2:184-194.
- Willmott, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *B. Am. Meteorol. Soc.* 63:1309-1313.



Table 1. Parameters of the linear regression of observed alfalfa quality on estimates of those observations for individual samples of alfalfa grown in New Mexico, USA and Baja California, Mexico.

Environment	$r^2$	$d$	RMS E	RMS E <sub>s</sub>	RMSE u	Mean		Slope			Intercept			$n$
						Pre d.	Ob s.	$b$	S.E. $b$	Prob $b = 1.0$	$a$	S.E. $a$	Prob $a = 0$	
Neutral detergent fiber														
All four environments	0.65	0.89	33.8	7.0	33.7	333	335	0.87	0.036	***	44.3	12.2	***	315
Mexicali	0.70	0.87	34.8	15.3	33.2	310	319	1.10	0.081	*	47.0	25.4	NS	95
Artesia10	0.77	0.92	22.7	13.7	25.0	348	358	0.70	0.041	***	99.4	14.5	***	100
Artesia11	0.80	0.88	18.9	30.4	23.9	343	310	0.90	0.041	*	-2.2	3.3	NS	70
Las Cruces	0.70	0.88	25.6	19.8	28.9	333	356	0.80	0.071	*	78.0	24.1	*	50

	3	7						3	3		5	7		
Acid detergent fiber														
All four environments	0.7	0.9						0.9	0.03		14.			
	3	2	23.8	6.4	25.9	249	242	2	1	**	2	7.9	NS	315
											-			
	0.7	0.9						1.0	0.06		25.	16.		
Mexicali	3	0	24.0	10.7	26.8	231	222	7	8	NS	8	0	NS	95
	0.8	0.9						0.8	0.03		32.			
Artesia10	7	6	15.2	6.7	12.8	261	257	6	4	***	8	8.9	***	100
	0.8	0.8						0.9	0.04			11.		
Artesia11	7	8	14.7	23.9	19.1	257	231	1	2	*	-2.8	0	NS	70
	0.6	0.8						0.8	0.08		63.	20.		
Las Cruces	7	6	23.5	16.9	24.4	249	266	2	2	*	2	8	**	50

\*, \*\*, \*\*\* Significant at the 0.05, 0.01 and 0.001 levels of probability, respectively.

† $r^2$ , coefficient of determination;  $d$ , index of agreement; RMSE, root mean square error; RMSE<sub>S</sub>, systematic root mean square error; RMSE<sub>U</sub>, unsystematic root mean square error; Pred., predicted mean; Obs., observed mean;  $b$ , regression coefficient; S.E. <sub>$b$</sub> , standard error for slope;  $a$ , equation intercept; S.E. <sub>$a$</sub> , standard error for y-intercept.

Table 2. Parameters of linear regression of observed neutral detergent fiber or acid detergent fiber on predictions of these observations performed on means of five samples per field-sampling date combination of alfalfa grown in New Mexico and Baja California, Mexico.

Environment	$r^2$ †	RMSE	Mean		Slope			Intercept			$n$
			Pred.	Obs.	$b$	$SE_b$	Prob $b = 1.0$	$a$	$SE_a$	Prob $a = 0$	
----- g kg <sup>-1</sup> -----											
<u>Neutral detergent fiber</u>											
All four environments	0.73	28.8	333	335	0.92	0.072	NS	27.6	24.2	NS	64
Mexicali	0.82	25.5	310	319	1.29	0.143	NS	-81.3	44.5	NS	20
Artesia11	0.96	10.5	343	310	0.95	0.057	NS	-16.3	19.8	NS	14
Artesia10	0.87	18.1	348	358	0.77	0.080	*	89.8	28.3	**	20
Las Cruces	0.88	17.4	333	356	0.93	0.120	NS	45.4	40.3	NS	10
<u>Acid detergent fiber</u>											
All four environments	0.81	19.5	249	242	0.97	0.060	NS	0.3	15.1	NS	64
Mexicali	0.86	16.6	231	222	1.17	0.112	NS	-49.2	26.2	NS	20
Artesia11	0.96	8.4	257	231	0.95	0.056	NS	-13.5	14.5	NS	14
Artesia10	0.93	11.6	261	257	0.90	0.060	NS	23.6	15.9	NS	20
Las Cruces	0.78	20.1	249	266	0.90	0.170	NS	43.2	42.5	NS	10

\*,\*\* Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability.

†  $r^2$ , coefficient of determination; RMSE, root mean square error; est., estimated; obs., observed;  $b$ , regression coefficient;  $a$ , equation intercept.

**Evaluación agronómica de ballico anual (*Lolium multiflorum*) y avena (*Avena sativa*) sembrados en una pradera de bermuda gigante (*Cynodon dactylon*)**

M. Carmona-Victoria, Universidad Autónoma de Baja California, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México CP21705; E. G. Álvarez-Almora\*, Universidad Autónoma de Baja California, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México CP21705; A. Hernández-Garay, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo de México, México CP56230.

Artículo enviado a “Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias”

Clave: 418

\*Autor responsable (almora@uabc.edu.mx)

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad productiva del pasto Ballico Anual (*Lolium multiflorum*) y Avena (*Avena sativa*) solas y asociadas durante el invierno e inicios de la primavera en una pradera ya establecida de pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*). Las asociaciones fueron: pasto bermuda – ballico anual (**BR-BA**), pasto bermuda – avena (**BR-AV**) y pasto bermuda – ballico anual - avena (**BR-BA-AV**). Se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Se determinó rendimiento de forraje, tasa de crecimiento (TC), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (D/VMS). La producción total del ballico anual fue de 7,514 kg MS ha<sup>-1</sup>, 176% superior (P<0.05) a la observada en la avena. El ballico anual fue superior (P<0.05) a la avena en cuanto a la producción de kg de PC (140%), digestible (135%) y FDN (190%). Esto se debió al mayor rendimiento de MS, pues aunque el porcentaje de PC y MS digestible de la avena fue superior (P<0.05) al mostrado por el ballico anual (16.7 vs14.4% y 76vs74%, respectivamente), el ballico anual tuvo una producción de forraje superior al de avena. En conclusión el ballico anual es la especie que mayor respuesta productiva tiene durante el periodo de latencia del pasto bermuda. La mayor producción total se encuentra en el tratamiento BG-AV con 13,542 kg MS ha<sup>-1</sup> superando en 45 kg MS ha<sup>-1</sup> al tratamiento BG-BA-AV y 13% al tratamiento de BG-BA, sin embargo, no existe diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos en cuanto a su producción total de forraje.

## INTRODUCCION

El pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) es una especie de clima cálido que se adapta bien a regiones áridas y semiáridas<sup>(1)</sup> con elevadas temperaturas durante la primavera y verano, periodo en el que esta gramínea presenta su máximo pico de crecimiento y valor nutritivo para el ganado<sup>(2)</sup>, pero que sin embargo durante otoño e invierno permanece en latencia<sup>(3)</sup>. Por otro lado el ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam) y la avena (*Avena sativa*) por su resistencia a las bajas temperaturas y heladas, son

dos de las más importantes gramíneas cultivadas durante el otoño e invierno en las zonas templadas, áridas y semiáridas <sup>(4)</sup> en el norte de México <sup>(5)</sup>. Con frecuencia ambas son utilizadas como resiembra sobre especies de forrajes perennes de clima tropical en estado de latencia <sup>(6)</sup>.

Si bien es común que tanto especies de clima tropical y templado se cultivan en el norte de México, estas regularmente son establecidas como monocultivo, lo que ocasiona la interrupción del ciclo de producción de la pradera. En el sur de Estados Unidos es frecuente la resiembra de pastos anuales y cereales de clima templado en praderas de pasto bermuda en estado de latencia para obtener una mejor distribución anual del forraje <sup>(7)</sup>. Así mismo es conocido que resembrar forrajes de clima templado en praderas ya establecidas de bermuda tiene un mínimo efecto en su persistencia y rendimiento al rebrotar después del periodo de dormancia <sup>(1)</sup>. Aunque esto sugiere que resembrar es una práctica adecuada y rentable económicamente, la marcada estacionalidad en la región desértica del valle de Mexicali imprime distinta dinámica de crecimiento de las especies involucradas distinta a la observada en otras regiones.

El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad productiva y de crecimiento durante el invierno e inicios de la primavera del pasto ballico anual y avena, solos y asociados, en una pradera ya establecida de pasto bermuda.

## MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó de noviembre de 2007 a mayo de 2008 en una pradera de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) establecida en 1999 en el campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California situado a 32° 24' 35"LN y 115° 11' 60"LO. El suelo es salino-sódico con un pH que oscila de 7.9 a 8.4 <sup>(8)</sup>. En la pradera de bermuda en estado de latencia y basado en un diseño completamente al azar se establecieron por sobre siembra cuatro repeticiones de 8 x 32 m de cada una de las siguientes asociaciones: Bermuda + Ballico anual (BG-BA), Bermuda + Avena (BG-AV) y Bermuda + Ballico anual + Avena (BG-BA-AV). La siembra se realizó el 1 de noviembre del 2007, con una densidad de 60 y 100 kg de semilla ha<sup>-1</sup> para ballico anual y avena. En la asociación BG-BA-AV, se conservó la proporción 50:50 de las gramíneas templadas. Se fertilizó con una dosis de 40 kg Nha<sup>-1</sup>, 25% al momento de la siembra, el resto fue distribuido equitativamente en los meses de febrero, marzo y abril. El corte de uniformización se realizó a una altura de 10 cm el 20 de enero del 2008.

Cada cuatro semanas por repetición en cada asociación se cortaron tres muestras de 0.1 m<sup>2</sup> a ras del suelo. Los muestreos iniciaron el 11 de enero y concluyeron el 11 de mayo de 2008, fecha en que ocurrió una mínima aportación de las especies de clima templado. El forraje cosechado se pesó en verde, separó por especies (pasto bermuda, ballico anual, avena, material muerto, malezas y otros pastos) y registro su peso después de permanecer 72 h en una estufa de aire forzado a 55°C <sup>(9)</sup>. Las tres sub-muestras secas de cada repetición en las asociaciones se mezclaron y procesaron en un Molino Willey con criba de 1 mm. Con el peso seco se estimaron el rendimiento mensual, total y por especie. La tasa de crecimiento (TC) se calculó con la siguiente ecuación:

$$TC = FC / t$$

Dónde: FC = Forraje cosechado (kg MS ha<sup>-1</sup>), t = Días transcurridos entre un corte y el siguiente.

En la muestra representativa de cada repetición por asociación se determinó el contenido de proteína cruda (PC) por el Método Kjendahl <sup>(9)</sup>, fibra detergente neutro (FDN) <sup>(10)</sup> y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (D/VMS) <sup>(11)</sup>. Posteriormente con los

datos de rendimiento de forraje y el porcentaje de PC, FDN y D/VMS por especie se determinó la producción de cada componente ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) total y por especie.

Los datos de temperatura ambiental, radiación solar y humedad relativa durante el periodo de estudio (Figura 1) fueron tomados en la estación meteorológica ubicada a 150 m del área experimental.

Los resultados de producción de forraje, tasas de crecimiento y composición química se analizaron utilizando un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS<sup>(12)</sup>. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ <sup>(12)</sup>.



## RESULTADOS Y DISCUSION

### Producción de forraje

En la Figura 2, se presenta la producción mensual de MS en las distintas asociaciones. En la asociación BG-BA, el ballico anual presento en el mes de marzo su mayor ( $P < 0.05$ ) aportación a la producción total, siendo esta 20% superior a lo registrado el mes de febrero. En contraste, la mínima aportación del Ballico anual ocurrió en el mes de mayo, con tan solo 100 kg MS ha<sup>-1</sup> del total de MS producido por la asociación BG-BA. Para la asociación BG-BA-AV, también la máxima aportación del Ballico anual fue en marzo, siendo 26% superior al mes de febrero y 69% superior al mes de abril, igualmente la mínima producción se dio en mayo con solo 48 kg MS ha<sup>-1</sup> del total producido. La declinación del Ballico anual en ambos tratamientos es debido al incremento en las temperaturas y las horas luz, estas marcadamente se elevan durante mayo (Figura 1). Se conoce que un aumento gradual en el fotoperiodo origina una reducción en el crecimiento del Ballico anual por ser una especie adaptada a las estaciones de otoño e invierno<sup>(13)</sup>.

En la asociación BG-AV, el rendimiento de avena no presento diferencias ( $P > 0.05$ ) entre cortes; sin embargo, fue en esta asociación donde la avena registro un aporte 4.4 veces superior ( $P < 0.05$ ) que lo aportado en asociación BG-BA-AV. La aportación de Avena en BG-AV fue superior a los 1,783 kg observados por Duhalde<sup>(14)</sup>. La menor presencia de Avena en BG-BA-AV, pudo no solo deberse al impacto negativo del rebrote del pasto Bermuda sobre la Avena sino también a la competencia con Ballico anual, que es un poco más resistente a temperaturas superiores y fotoperiodos largos que se presentan en la cercanía de la primavera.

En el cuadro 1 se presenta la producción total por especie y combinada para cada una de las asociaciones. Aunque no existió ( $P > 0.05$ ) diferencia en la producción total entre las asociaciones, en el tratamiento BG-AV fue 13% mayor la producción de MS que BG-BA y solo 0.3% más que lo observado en BG-BA-AV. Estos resultados son similares a los obtenidos por Evers<sup>(15)</sup> quien observo una producción total anual de 11,460 kgMS ha<sup>-1</sup> para una combinación de bermuda-ballico en la región de

Keithville, Texas. Por su parte Mc Laughlin *et al.* (7) reportaron una producción de 12,000 kg MS ha<sup>-1</sup> para una combinación de pasto bermuda con trigo o trébol. De las especies templadas estudiadas, el ballico anual mostro un promedio de producción de 7,514 kg MS ha<sup>-1</sup> superior 170 y 39% (P<0.05) a los promedios de la Avena y el pasto Bermuda, respectivamente (Cuadro 1).

La mayor producción de pasto Bermuda ocurrió en el tratamiento BG-AV, siendo 51 y 33% superior (P<0.05) a las asociaciones BG-BA-AV y BG-BA, respectivamente (Cuadro1). Sin embargo, producciones menores a las observadas en el presente estudio son reportadas por Lazcano (16) y Burton (17) con 2,280 y 2,900 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Pero Evers (15) reportó un rendimiento anual de 5,850 kg MS ha<sup>-1</sup> en un experimento de bermuda resemebrada con ballico.

Es interesante observar que al comparar la producción por especie, en la asociación BG-AV ocurrió la mayor producción individual en ambas gramíneas, aunque puede indicar cierto sinergismo Avena-Bermuda (18, 6, 19), posiblemente sea debido a que la Avena termino su ciclo antes que el Ballico Anual, este cual no impidió el rebrote más temprano del Bermuda, como pudo haber ocurrido con el mayor porte del Ballico durante las últimas semanas de marzo y el mes de abril.

La aportación de otras especies en la asociación de bermuda con avena fue de 1,602 kg MS ha<sup>-1</sup> siendo superior (P≤0.05) en un 50% a las otras asociaciones.

### **Tasa de crecimiento**

La tasa de crecimiento (Cuadro 2) de bermuda fue de manera consistente superior en todos los tratamientos en los meses de abril y mayo (P<0.05) con respecto a febrero y marzo, pero sin diferencia entre ellos en cada tratamiento (P>0.05). El pasto bermuda, cuando crece en climas extremos es altamente influenciado por los cambios estacionales en fotoperiodo y temperaturas extremas (20), de tal forma que son los meses de verano cuando se esperan las máximas tasas de crecimiento. En contraste, el Ballico Anual presenta las mayores (P<0.05) TC en el periodo de Febrero a Abril, pero sin diferencia (p>0.05) entre estos meses. La mayor TC del ballico se encuentra en el mes de marzo en el tratamiento BG-BA, siendo mayor a la TC señaladas por Sevilla *et al.* (21) en Argentina, con un valor de 55 kg MS \* ha<sup>-1</sup> \* d<sup>-1</sup>. Por

su parte la avena tiene su TC más alta en el mes de Febrero en el tratamiento BG-AV, mostrando diferencia con el mes de enero ( $P < 0.05$ ) pero no con marzo del mismo tratamiento. Esta TC de la avena fue mayor a la TC reportada por Sevilla *et al.*(21), quienes indican un valor de  $35 \text{ kg MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  en la región de Buenos Aires, Argentina.

La TC de Ballico anual fue superior ( $P \leq 0.05$ ) a la TC de Avena para la asociación BG-BA-AV, pero en ambos casos la TC individual fue inferior al observado en las asociaciones BG-BA y BG-AV.

La TC del Ballico Anual fue similar entre asociaciones, mostrando prácticamente una nula competencia debida a la especie. Por su parte la TC de la avena fue mayor ( $P < 0.05$ ) cuando se asoció solo con Bermuda que cuando se estableció con Bermuda y Avena.

Aunque la asociación BG-BA-AV podría parecer más ventajosa debido a que posibilitaría acoplarse la dinámica de crecimiento de dos especies templadas, la avena como especie de desarrollo precoz y el ballico con más altas tasas de crecimiento tardío (22 y 23), en realidad fue la asociación avena-bermuda la que presentó las mayores TC individuales.

## **Composición química**

El cuadro 3 muestra el porcentaje de proteína cruda (PC), materia seca digestible (MSD) y fibra detergente neutra (FDN), de cada una de las especies solas y asociadas. El contenido de PC de la asociación BG-AV fue mayor ( $P < 0.05$ ) al de los tratamientos BG-BA y BG-BA-AV, pero entre estos últimos no existieron diferencias ( $P > 0.05$ ). Por otro lado, fue la avena quien registró el mayor ( $P < 0.05$ ) contenido de PC y el Ballico el promedio más bajo ( $P < 0.05$ ).

El mayor contenido de MSD se observó ( $P < 0.05$ ) en la Avena, superior en 8.5% al Ballico Anual y 38% al Bermuda.

En contraste, el pasto Bermuda fue 63 y 31% superior en FDN a la Avena y Ballico Anual respectivamente. Esto era de esperarse debido a que las gramíneas tropicales son más fibrosas que las templadas (24).

La producción por hectárea de PC (PCHA), MSD (MSDHA) y FDN (FDNHA) de cada una de las especies evaluadas, se presenta en el cuadro 4. El pasto Bermuda presentó la más alta ( $P < 0.05$ ) producción de PCHA, esto en la asociación BG-AV, siendo este superior en 49% a la producción registrada por la asociación BG-BA-AV y en 100% a lo aportado en la asociación BG-BA. La aportación de PCHA de la avena en BG-AV fue 7.3 veces superior a su aporte en BG-BA-AV. Respecto a las otras especies, el Ballico Anual presentó la mayor ( $P < 0.05$ ) aportación de PCHA, pero sin existir diferencia ( $P > 0.05$ ) entre las asociaciones BG-BA-AV y BG-BA.

La producción de MSDHA por parte del pasto Bermuda mostró la misma tendencia que el caso de la PCHA. En el tratamiento BG-AV ocurrió el mayor ( $P < 0.05$ ) aporte, 69% superior al promedio de los tratamientos BG-BA-AV y BG-BA. Comparativamente a las otras gramíneas, el Ballico Anual realizó el mayor ( $P < 0.05$ ) aporte de MSDHA, pero no existieron ( $P > 0.05$ ) diferencias en el aporte del Ballico Anual entre los tratamientos más del 45 % a lo aportado por él en los otros tratamientos BG-BA-AV y BG-BA. En el caso de la Avena en el tratamiento BG-AV, esta aportó 6.8 veces más ( $P < 0.05$ ) MSDHA que lo encontrado en BG-BA-AV.

Finalmente aunque no existieron ( $P < 0.05$ ) diferencias en la producción de MSDHA entre tratamientos, BG-BA-AV fue ligeramente superior (9%) al promedio de las otras dos asociaciones.

La mayor producción de FDNHA del pasto bermuda ocurrió en BG-AV, siendo 44% y 110% superior ( $P < 0.05$ ) a las asociaciones BG-BA-AV y BG-BA, respectivamente. Sin embargo, no existieron ( $P > 0.05$ ) diferencia entre estas dos últimas asociaciones (Cuadro 4). Aunque no existió diferencia ( $P > 0.05$ ) en el aporte de FDNHA del Ballico Anual de los tratamientos BG-BA-AV y BG-BA en los dos casos este hizo el mayor aporte respecto al Bermuda y la Avena. La Avena del tratamiento BG-AV hizo un aporte de FDNHA 6.9 veces superior a lo aportado en el tratamiento BG-BA-AV (Cuadro 4).

## CONCLUSIONES

El pasto Ballico Anual y Avena solas o combinadas sobresembradas en una pradera de pasto Bermuda, no mostraron diferencias en cuanto a la producción total de forraje y MS digestible.

La producción de forraje por parte del pasto bermuda es superior en la asociación donde se combina solamente con avena, debido a la pronta recuperación de su latencia y temprano fin de ciclo de la Avena respecto al Ballico.

El Ballico anual es superior a la Avena en cuanto a su producción de forraje, PC y MSD.

## ABSTRACT

## BIBLIOGRAFIA

- 1 Reis, R. A., Newman, Y. C., Hernández Garay, A., Sollenberger, L. E., Premazzi, L. M., and Urbano, D. 2009. Fall and winter management affect spring growth and nutritive value of Tifton 85 bermudagrass. Online. Forage and Grazinglands doi:10.1094/FG-2009-0102-01-RS.
- 2 Vendramini J. M. B., L. E. Sollenberger,\* J. C. B. Dubeux, Jr., S. M. Interrante, R. L. Stewart, Jr., and J. D. Arthington. 2006. Concentrate Supplementation Effects on Forage Characteristics and Performance of Early Weaned Calves Grazing Rye–Ryegrass Pastures. *CropSci.* 46:1595–1600
- 3 González V. E. A., Mark A. Hussey y José Alfonso O. S. 2004. Influencia de la fecha de siembra y distancia entre surcos sobre el establecimiento de asociaciones de *Desmanthus* y pasto Klein. *TecPecuMéc;* 42(1):17-28.
- 4 Hughes, Heath y Meetcalfe. 1984. Forrajes. Editorial CECSA. México.
- 5 Rodríguez G. J., A. López L., D. Calderón, J. Cortes N., F. D. Alvarez V., J.F. Ponce y B.A. Partida R. 2000. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera del ballico anual (*Lolium multiflorum*, var. tetraploide) en el valle de Mexicali, B. C. Mem. X Reunión Int. Sobre prod. de Carne y Leche en Climas Cálidos. ICA-UABC.
- 6 Evers, G. W. 2005. A Guide to Overseeding Warm-Season Perennial Grasses with Cool-Season Annuals. Online. Regents Fellow and Professor Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center Overton, Texas 75684
- 7 McLaughlin, M. R.,\* K. R. Sistani, T. E. Fairbrother, and D. E. Rowe, 2005. Overseeding Common Bermudagrass with Cool-Season Annuals to Increase Yield and Nitrogen and Phosphorus Uptake in a Hay Field Fertilized with Swine Effluent. *Agron. J.* 97:487–493
- 8 SARH. 1989. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Distrito de Desarrollo Rural 002, Río Colorado. Subjefatura de Departamento de Fomento y Protección Agropecuaria y Forestal. Área de Asistencia Técnica Agrícola. Mexicali B.C. Méx.

- 9 AOAC, 1980. Official Methods of Analysis (13<sup>th</sup> Ed). Association of Official Analytical Chemistry. Washington, D. C.
- 10 Goering, H. K.. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook No. 379. ARSUSDA, Washington, DC.
- 11 Tilley, J.M.A. and Terry, R.A. 1963. A Two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. British Grassl. Soc. 28:104-111.
- 12 S. A. S. 2006. User's Guide: Statistic Analysis System. SAS. Inst., Carry, N. C.
- 13 Jiang, Y and B. Huang. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop. Sci. 41:436-42.
- 14 Duhalde J. 2001. Tasas de crecimiento y curvas de producción en avena y Raigras anual, 2001. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA Rivadavia 1439 (1033), Buenos Aires, Argentina.
- 15 Evers, G. W. 2002. Ryegrass–Bermudagrass Production and Nutrient Uptake when Combining Nitrogen Fertilizer with Broiler Litter. Agron. J. 94:905–910.
- 16 Lazcano C. E. 2002. Caracterización de las plantas para maximizar la producción animal. Archivo latinoamericano de producción animal. 10(2); 126-132. Colombia.
- 17 Burton G. W., J. E. Hook, J. L. Butler, and R. E. Hellwig. 1988. Effect of Temperature, Daylength, and Solar Radiation on Production of Coastal Bermudagrass. Agron. J. 80:557-560.
- 18 Vargas N. J., Yañez B. G. I. 1996. RENDIMIENTO Y COMPOSICION QUIMICA DE CINCO VARIEDADES DE ZACATE BERMUDA (*Cynodon spp*) EN EL VALLE DE MEXICALI
- 19 Sánchez A., Faria - Mármol J. y Araque C. 2008. Producción de materia seca en una asociación *Cenchrus ciliaris* – *Leucaena leucocephala* al aplazar su utilización durante la época seca. Zootecnia Trop., 26(2): 117-123.
- 20 Salisbury F. B., Ross C. W. 1992. Fisiología de las plantas 3, Bioquímica vegetal. Edt. Paraninfo Thomson Learning. España.



- 21 Sevilla G., A. Pasinatoy J. M. García. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras irrigadas. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 9(2): 91-98
- 22 Richardson M. D., K. W. Hignight, R. H. Walker, C. A. Rodgers, D. Rush, J. H. McCalla, and D. E. Karcher. 2007. "Meadow Fescue and Tetraploid Perennial Ryegrass—Two New Species for Overseeding Dormant Bermudagrass Turf". Published in CropSci. 47:83–90
- 23 Morris K. 2007. Grasses for Overseeding Bermudagrass Fairways, Results of a national trial demonstrate the consistent improvement of perennial ryegrass cultivars. USGA, GCM. Grasses for overseeding Bermudagrass Fairway: Part 2, Making the transition for overseeding grass to bermudagrass in the spring is extremely difficult, but using the right overseeding grass can only help. USGA, GCM marzo
- 24 Duthil J. 1980. Producción de forrajes. Ediciones Mundi-Prensa. 3ª edición Madrid España.

## ANEXOS

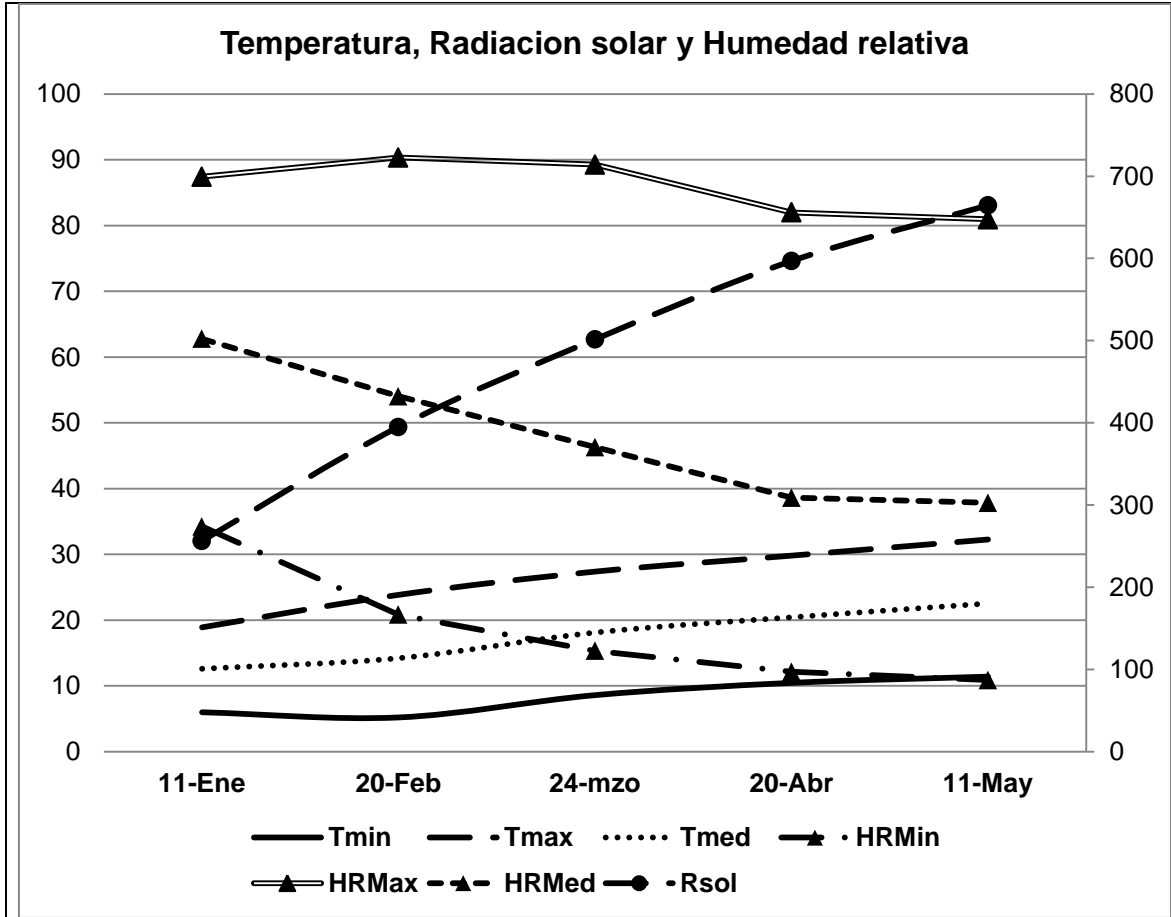


Figura 1. Datos climáticos durante el periodo de estudio del experimento. Temperatura en °C (Tmin = mínima; Tmax= máxima; Tmed=media), radiación solar (Rsol) en calorías cm<sup>-2</sup> y porcentaje de humedad relativa (HRMin=mínima; HRMax=máxima; HRMed=media).

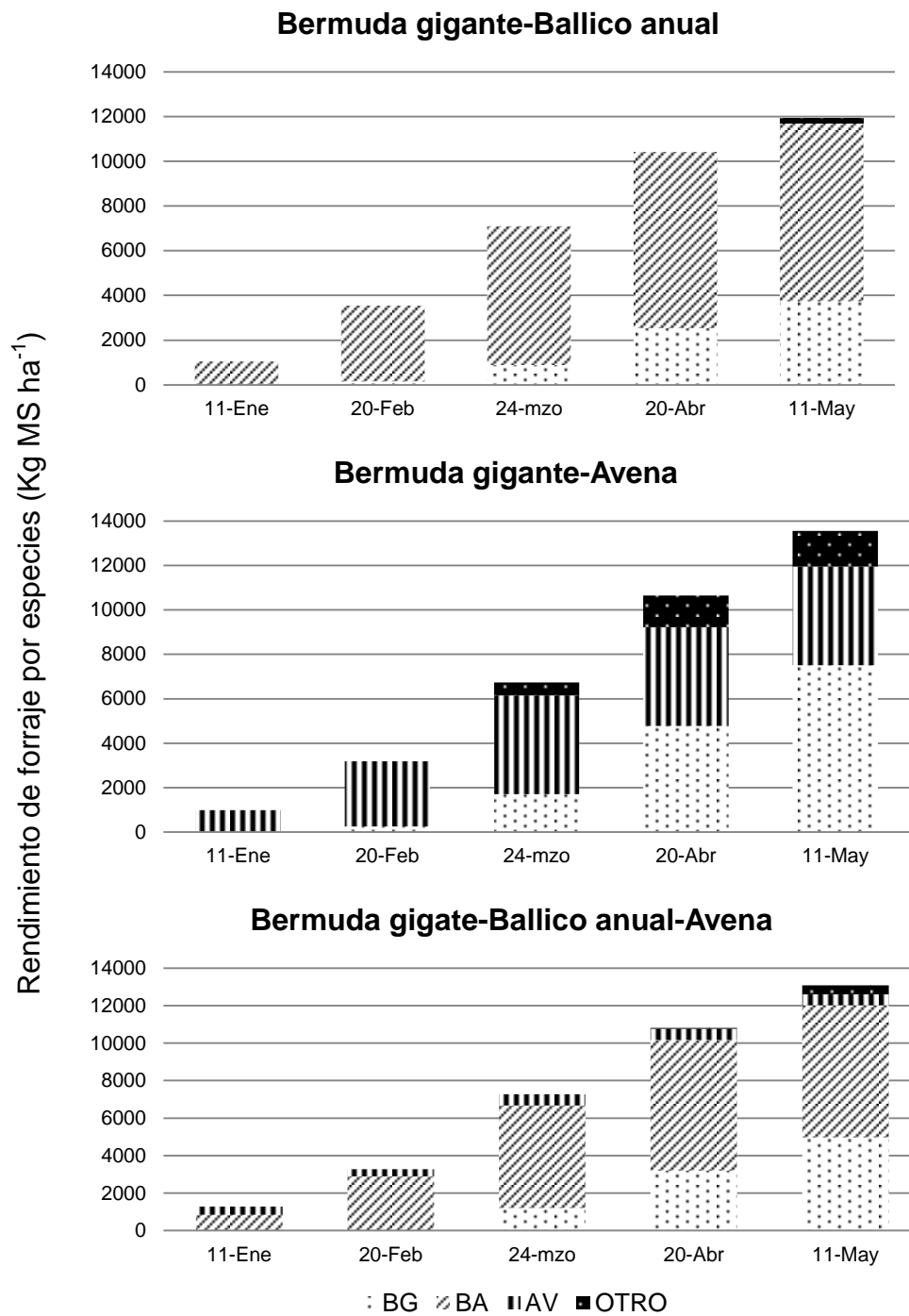


Figura 2. Producción mensual y acumulada de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) de las diferentes especies que integran la asociación: bermuda gigante (BG), ballico anual (BA), avena (AV) y ambas.

**Cuadro 1.** Producción (kg MS ha<sup>-1</sup>) total de MS y por cada especie en las diferentes combinaciones durante el periodo de estudio.

	BG-BA-AV	BG-BA	BG-AV	EEM	Promedio
Bermuda	4970 <sup>Bb</sup>	3733 <sup>Bb</sup>	7506 <sup>Aa</sup>	960.6	5403 <sup>b</sup>
Ballico	7043 <sup>a</sup>	7986 <sup>a</sup>	-	547.6	7514 <sup>a</sup>
Avena	1009 <sup>Bc</sup>	-	4435 <sup>Ab</sup>	133.9	2722 <sup>c</sup>
Otros	476 <sup>Bc</sup>	208 <sup>Bc</sup>	1602 <sup>Ac</sup>	382.6	762 <sup>d</sup>
EEM	523	1093	360.8		1002
TOTAL	13497	11926	13542	1672	

Medias con superíndice mayúsculas iguales en la misma hilera no son diferentes (P>0.05).

Medias con superíndice minúsculas iguales en la misma columna no son diferentes (P>0.05).

**Cuadro 2.** Tasa de crecimiento (TC) (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) total y por especie de las diferentes especies que integran la asociación: Bermuda gigante (BG), Ballico Anual (BA), Avena (AV) y otras especies (Otro).

	BG	BA	AV	Otro	EEM	Promedio
BG-BA						
11-Ene	0	15 <sup>b</sup>	0	0		15 <sup>d</sup>
20-feb	5 <sup>Bb</sup>	81 <sup>Aa</sup>	0	0	8.2	43 <sup>c</sup>
24-mzo	24 <sup>BCb</sup>	94 <sup>Aa</sup>	0	0	13.9	59 <sup>ab</sup>
20-abr	61 <sup>ABa</sup>	62 <sup>a</sup>	0	0	31.2	61.5 <sup>a</sup>
11-may	67 <sup>Aa</sup>	6 <sup>Bb</sup>	0	12 <sup>B</sup>	18.8	27 <sup>cd</sup>
EEM	15.9	16.1				7.6
Total	39	51	0	12	33	
BG-AV						
11-Ene	0	0	14 <sup>Ab</sup>	1 <sup>B</sup>	2.5	14 <sup>c</sup>
20-feb	9 <sup>Bc</sup>	0	67 <sup>Aa</sup>	0	4.2	38.2 <sup>b</sup>
24-mzo	49 <sup>Ab</sup>	0	50 <sup>Aa</sup>	15 <sup>Bab</sup>	14	37.7 <sup>b</sup>
20-abr	114 <sup>Aa</sup>	0	0	21 <sup>Aa</sup>	7.5	67.2 <sup>a</sup>
11-may	152 <sup>a</sup>	0	0	9 <sup>Bb</sup>	17.5	80.5 <sup>a</sup>
EEM	17.2		11.6	3.4		7.3
Total	80 <sup>A</sup>	0	44 <sup>AB</sup>	15 <sup>B</sup>	29.4	
BG-BA-AV						
11-Ene	0	12 <sup>b</sup>	6	0	4.9	9 <sup>b</sup>
20-feb	0	70 <sup>Aa</sup>	13 <sup>B</sup>	0	6	42.2 <sup>a</sup>
24-mzo	40 <sup>Bb</sup>	86 <sup>Aa</sup>	7 <sup>B</sup>	0	17.4	44.5 <sup>a</sup>
20-abr	74 <sup>Aa</sup>	56 <sup>Aa</sup>	0	1 <sup>Bb</sup>	10	43.5 <sup>a</sup>
11-may	99 <sup>Aa</sup>	3 <sup>Bb</sup>	0	24 <sup>Ba</sup>	15.6	41.2 <sup>a</sup>
EEM	13.8	15.1	3.3	10.5		6.9
Total	71 <sup>A</sup>	46 <sup>A</sup>	9 <sup>B</sup>	13 <sup>B</sup>	26	

Medias con superíndice mayúsculas iguales en la misma hilera no son diferentes (P>0.05).

Medias con superíndice minúsculas iguales en la misma columna no son diferentes (P>0.05).

**Cuadro 3.** Porcentaje de PC, materia seca digestible (MSD) y fibra detergente neutro (FDN) por especie en las diferentes asociaciones de Bermuda gigante (BG), Ballico anual (BA) y Avena (AV).

Porcentaje de PC					
	BG-BA	BG-AV	BG-BA-AV	EEM	Promedio
Bermuda	14.7	14.8 b	14.4	5.07	14.6 b
Ballico	13.5	0	15.3	4	14.4 b
Avena	0	17.4 a	15.9	1.5	16.7 a
EEM	2.4	0.98	1.57		0.5
Promedio	14.1	16.1	15.2	3.13	
Porcentaje de MSD					
	BG-BA	BG-AV	BG-BA-AV	EEM	Promedio
Bermuda	56 b	54 b	54 c	2.3	55 c
Ballico	71 a	0	70 b	4.4	70 b
Avena	0	76 a	75 a	2.3	76 a
EEM	2.1	1.23	2.87		0.92
Promedio	64	65	66	8.7	
Porcentaje de FDN					
	BG-BA	BG-AV	BG-BA-AV	EEM	Promedio
Bermuda	61 B	63 AB	64 A	1.9	63 a
Ballico	48	-	49	3.7	48 b
Avena	-	49	47	3.05	48 b
EEM	1.7	1.2	1.69		0.51
Promedio	56	57	54	7.5	

Medias con superíndice mayúsculas iguales en la misma hilera no son diferentes ( $P>0.05$ ).

Medias con superíndice minúsculas iguales en la misma columna no son diferentes ( $P>0.05$ ).

**Cuadro 4.** Rendimiento en kg de PC por hectárea (PCHA), kg de MSD por hectárea (MSDHA) y kg de FDN por hectárea (FDNHA) por especie y combinadas de las diferentes asociaciones de bermuda gigante (BG), ballico anual (BA) y avena (AV).

	PCHA			EEM	Promedio
	BG-BA	BG-AV	BG-BA-AV		
Bermuda	492 <sup>Bb</sup>	1051 <sup>Aa</sup>	702 <sup>Bb</sup>	138	748 <sup>b</sup>
Ballico	1053 <sup>a</sup>	-	1077 <sup>a</sup>	40	1065 <sup>a</sup>
Avena	-	782 <sup>Ab</sup>	106 <sup>Bc</sup>	21	444 <sup>c</sup>
EEM	145.8	37.8	43.3		118
TOTAL	1545	1832	1885	179.6	
	MSDHA			EEM	Promedio
	BG-BA	BG-AV	BG-BA-AV		
Bermuda	1942 <sup>Bb</sup>	3932 <sup>Aa</sup>	2695 <sup>Bb</sup>	539	2856 <sup>a</sup>
Ballico	5572 <sup>a</sup>	-	4876 <sup>a</sup>	820	4557 <sup>a</sup>
Avena	-	3373 <sup>Ab</sup>	498 <sup>Bc</sup>	252	1936 <sup>b</sup>
EEM	1016	175	320.2		717
TOTAL	7514	7305	8069	1014	
	FDNHA			EEM	Promedio
	BG-BA	BG-AV	BG-BA-AV		
Bermuda	2175 <sup>B</sup>	4589 <sup>Aa</sup>	3178 <sup>ABa</sup>	694.6	3314 <sup>a</sup>
Ballico	3757	-	3415 <sup>a</sup>	650	3586 <sup>a</sup>
Avena	-	2146 <sup>Ab</sup>	312 <sup>Bb</sup>	92.9	1230 <sup>b</sup>
EEM	919.7	225	294.4		622.6
TOTAL	5932	6735	6905	1025	

Medias con superíndice mayúsculas iguales en la misma hilera no son diferentes (P>0.05).

Medias con superíndice minúsculas iguales en la misma columna no son diferentes (P>0.05).

## CURRICULUM VITAE

### MARTIN CARMONA VICTORIA

#### Curriculum vitae

**Dirección.** Av. Luis Medina # 9 Ejido nuevo León, Mexicali, Baja California. México.

Cp. 21705

**Cel.** Mex 6861840795

**Correo electrónico:** mixtlisol@gmail.com

**Fecha de nacimiento.** 30 de enero de 1973

**Lugar de nacimiento:** Libres Puebla. México.

**Edad:** 41 años

**Estado civil.** Soltero.

#### Objetivos Profesionales.

Lograr una estabilidad económica y social a través de la capacitación constante por medio del estudio.

Desempeñar las habilidades adquiridas en el transcurso de mis estudios para el desarrollo de la comunidad.

#### Escolaridad.

2002 – 2007 Ingeniería en Industrias alimentarias.

Instituto tecnológico superior de Libres. Libres Puebla.

2007 – 2009 Maestría en Sistemas de Producción Animal.

Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC. Ejido Nuevo León, Mexicali.

“Tasas de Crecimiento de Gramíneas Templadas Establecidas por Sobresiembr a en una Pradera de Bermuda en el Valle de Mexicali, B. C.”

2010 – 2014 Doctorado en Ciencias Agropecuarias.

Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC. Ejido Nuevo León, Mexicali.

“Identificación de un Sistema Continuo de Producción de Forraje en las Estaciones de Invierno a Verano Mediante la Práctica de Sobre siembra e Identificación de Tasas de Crecimiento en Pastos c3 y c4”

#### Cursos y congresos.

Octubre de 2014 Mexicali, Baja California, México. Cartel “DETERMINACIÓN DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO, ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL ZACATE KLEIN (*Panicum coloratum*) EN EL VALLE DE MEXICALI”

XIX Reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos.

- Octubre de 2010 Mexicali, Baja California, México. Asistente  
XIX Reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos.
- Octubre de 2009 Mexicali, Baja California, México. Asistente  
XIX Reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos.
- Octubre de 2008 Mexicali, Baja California, México. Asistente  
XVIII Reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos.
- Octubre de 2007 Mexicali, Baja California, México. Asistente  
XVII Reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos.

### **Experiencia laboral.**

2011 Universidad de Wisconsin  
Estancia para laborar en campo y laboratorio de diferentes experimentos relacionados con la producción de forrajes.

2007 Casa Victoria Fertilizantes y Semillas.  
Encargado de personal.

2005 – 2007 Centro de sistemas computacionales.  
Profesor de Matemáticas y física en preparatoria abierta.

2006 Septiembre a diciembre. MOVAING S.A. (Avalúos y Proyectos productivos)  
Desarrollo de la residencia profesional en el área de desarrollo de proyectos productivos.

2003 – 2005 Bachillerato “Valle de Libres”  
Profesor de matemáticas

Los años no especificados, trabaje en la granja familiar realizando actividades relacionadas con el manejo de ganado lechero y producción de forraje, ubicada en la colonia Nuevo México, Libres, Puebla.

**Intereses.** Música, caminar, lectura y documentales.

Ejido Nuevo León, Mexicali Baja California, México. A 5 de Mayo de 2014