

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**  
**MAESTRIA EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**TASA DE CRECIMIENTO, COMPONENTES QUÍMICOS Y  
MORFOLÓGICOS BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN  
NITROGENADA EN BALICO ANUAL (*Lolium multiflorum*)  
DIPLOIDE VS TETRAPLOIDE EN EL VALLE DE MEXICALI, B. C.**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS  
DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA  
JUAN LUIS ESCALANTE BARRERAS**

**ASESOR:  
M.C. JUAN RODRÍGUEZ GARCÍA**

**MEXICALI, B. C.**

**JUNIO DE 2007**

La presente tesis titulada “**Tasa de crecimiento, componentes químicos y morfológicos bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada en ballico anual (*Lolium multiflorum*) diploide vs tetraploide en el valle de Mexicali, B. C.**”, realizada por el C. **Juan Luis Escalante Barreras**; fue dirigida y asesorada por el **M.C. Juan Rodríguez García**, siendo aceptada, revisada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

## **MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

### **Consejo Particular**

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_

M.C. Juan Rodríguez García.

**SINODAL**

\_\_\_\_\_

M.C. Gustavo Adolfo Carrillo Aguirre.

**SINODAL**

\_\_\_\_\_

M.C. Francisco Daniel Álvarez Valenzuela

**“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”**

Ejido Nuevo León, Mexicali Baja California, México; junio de 2007

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al consejo de Ciencia y tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado con el cual me fue posible realizar esta maestría.
- A la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Ciencias Agrícolas por permitirme seguir con mi superación personal y académica.
- Al M.C. Juan Rodríguez García por ser el director del presente trabajo, por sus enseñanzas y por su amistad.
- Al M.C. Gustavo Adolfo Carrillo Aguirre y al M.C. Francisco Daniel Álvarez Valenzuela por su valiosa cooperación en el presente trabajo, y por ser excelentes maestros.
- A los Drs. Noemí Torrentera, Abelardo Correa, Leonel Avendaño, Miguel Cervantes Ramírez y Adolfo Pérez Márquez por sus enseñanzas y apoyo brindado durante mi estancia en esta casa de estudios.
- A las encargadas del laboratorio de nutrición animal Graciela Ortiz y Verónica por su colaboración en los análisis de laboratorio de este experimento, al igual que a Sandra por su apoyo y amistad.
- A todos los trabajadores del ICA que me brindaron su ayuda y amistad durante mi estancia.
- A los alumnos y compañeros, que por mencionar algunos Lorenzo, Marcela, Clemente, José Luis, Alfonso, Salvador, Juan, Jorge, Jaime, Mario, Paco, Janer, Rubén, Víctor, Rolando, Edrei, Eduardo entre muchos mas con quienes compartí momentos inolvidables, gracias por ofrecerme su amistad.

## **DEDICATORIAS**

A Dios por darme la vida y permitirme llegar a este momento.

A mis padres Trinidad Escalante Valenzuela e Isabel Cristina Barreras Morales por darme la vida, por enseñarme a trabajar, y a luchar por las metas que he puesto en mi camino, y por todos los esfuerzos que juntos han hecho para sacarnos adelante.

A mi hermana Ma. de Lourdes y sobrinos: Katia, Mary y Tony por su apoyo moral y afecto, por impulsarme a lograr mis metas, les deseo todo lo mejor en la vida.

A mi tía María Dolores Barreras, por brindarme su apoyo y atenciones en todo momento, gracias tía.

Y a toda mi familia y amigos, que siempre han estado junto a mí.

## RESUMEN

### TASA DE CRECIMIENTO, COMPONENTES QUÍMICOS Y MORFOLÓGICOS BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN BALLICO ANUAL (*Lolium multiflorum*) DIPLOIDE VS TETRAPLOIDE EN EL VALLE DE MEXICALI, B. C.

Para evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada (FN) sobre la producción forrajera (PF), tasa de crecimiento (TC), composición química, y componentes morfológicos de dos variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*), diploide y tetraploide, se estableció un experimento en el valle de Mexicali, Baja California, con cuatro niveles de nitrógeno (N) en un diseño en bloques completos al azar, con parcelas subdivididas y un arreglo factorial 2x4. Los tratamientos fueron, variedad tetraploide común: 1. Testigo (TN000), 2. 125 kg de N ha<sup>-1</sup> (TN125), 3. 250 kg de N ha<sup>-1</sup> (TN250) y 4. 375 kg de N ha<sup>-1</sup> (TN375). Variedad diploide Lonestar: 1. Testigo (DN000), 2. 125 kg de N ha<sup>-1</sup> (DN125), 3. 250 kg de N ha<sup>-1</sup> (DN250), 4. 375 kg de N ha<sup>-1</sup> (DN375). Los resultados obtenidos indican diferencias significativas (P<.05) entre variedades para PF y TC con valores para cada variable de 1486.53 kg ha<sup>-1</sup> y 43.23 kg de materia seca (MS) ha<sup>-1</sup> en la variedad diploide, y de 1406.00 kg ha<sup>-1</sup> y 39.57 kg de MS ha<sup>-1</sup> en la variedad tetraploide. La variedad tetraploide presentó mayor porcentaje de hojas y menor cantidad de tallos, por lo que la relación hoja:tallo (RHT) y hoja:no hoja (RHNH) fue mayor en esta variedad. Existió efecto (P<.05) entre las dosis evaluadas, observando un incremento lineal en PF y TC, al elevar el nivel de fertilización. Con respecto a la composición morfológica, no se encontraron diferencias significativas (P>.05) entre los niveles de fertilización para el porcentaje de tallos, pero sí en la cantidad de hojas, RHT y RHNH con valores máximos de 44.13%, 1.28 y 0.87 para cada variable en el nivel sin fertilizar (P<.05), el resto de los tratamientos fueron

estadísticamente iguales. Para composición química se encontraron diferencias significativas ( $P < .05$ ) entre variedades en todas las variables evaluadas excepto para proteína cruda (PC). El porcentaje de MS y materia orgánica (MO) fueron de 92.35 y 80.15% para la variedad tetraploide y de 92.77 y 81.07% para la diploide. La fibra detergente neutro (FDN) fue mayor en la variedad diploide con una diferencia del 1.99% en relación a la tetraploide. Finalmente al evaluar el efecto de la FN sobre la composición química, se observó que no existe efecto del N aplicado sobre el contenido de MS ( $P > .05$ ), sin embargo el contenido de ceniza se incrementó y el de MO disminuyó al elevar la dosis de fertilización. La PC se incrementó al aumentar la FN con un valor máximo de 18.63% en el nivel de 375 kg de N ha<sup>-1</sup>. La FDN tendió a disminuir al incrementar la FN con un porcentaje 45.76% en el nivel sin fertilizar y de 43.96% en al dosis más alta.

Palabras clave: tetraploides, diploides, fertilización nitrogenada

## **SUMMARY**

TASA DE CRECIMIENTO, COMPONENTES QUÍMICOS Y MORFOLÓGICOS  
BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN  
BALLICO ANUAL DIPLOIDE VS TETRAPLOIDE EN EL VALLE DE MEXICALI,  
B. C.

Key words:

## CONTENIDO

CONSEJO PARTICULAR.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIAS.....	III
RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	VI
CONTENIDO.....	VII
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	VIII
INTRODUCCION.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1. Generalidades del ballico anual.....	3
2. Variedades diploides y tetraploides.....	4
3. Tasas de crecimiento.....	6
4. Factores que afectan el crecimiento del forraje.....	7
4.1. Temperatura.....	7
4.2. Radiación solar.....	9
4.2.1. Calidad.....	10
4.2.2. Densidad.....	10
4.2.3. Fotoperiodo.....	11
4.3. Humedad y pH del suelo.....	12
4.4. Fertilización nitrogenada.....	13
5. Componentes químicos y morfológicos del forraje.....	15
6. Factores que afectan la composición química y morfológica del forraje.....	17
6.1. Temperatura.....	18
6.2. Edad de la planta o madurez.....	18
6.3. Fertilización nitrogenada.....	21
MATERIALES Y METODOS.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	61
LITERATURA CITADA.....	62



## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro 1.</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera, tasa de crecimiento, altura y componentes morfológicos en dos variedades de ballico anual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) en el valle de Mexicali.....	31
<b>Cuadro 2.</b>	Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición química en dos variedades de ballico anual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) en el valle de Mexicali.....	50
<b>Figura 1.</b>	Interacción variedad x corte para porcentaje de tallo.....	43
<b>Figura 2.</b>	Interacción variedad x corte para relación hoja:tallo.....	44
<b>Figura 3.</b>	Interacción dosis x corte para porcentaje de hoja.....	45
<b>Figura 4.</b>	Interacción dosis x corte para porcentaje de tallos.....	45
<b>Figura 5.</b>	Interacción dosis x corte para relación hoja:tallo.....	46
<b>Figura 6.</b>	Interacción dosis x corte para relación hoja:no hoja.....	46
<b>Figura 7.</b>	Interacción dosis x corte para porcentaje de MS.....	60
<b>Figura 8.</b>	Interacción dosis x corte para porcentaje de ceniza.....	60

## INTRODUCCIÓN

En regiones de clima templado y zonas áridas de riego el ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam) es la principal especie utilizada para la producción de forraje durante el ciclo otoño primavera (Cabanillas et al., 1991). Su alto valor nutritivo, adaptación al pastoreo y habilidad para crecer en gran diversidad de suelos justifican su utilización para la producción de leche y el crecimiento de becerros en el valle de Mexicali, donde se siembran anualmente alrededor 5,658 hectáreas de praderas de ballico anual (Sagarpa, 2005).

La investigación realizada a la fecha solo ha considerado a las variedades del ballico anual desde el punto de vista de la producción de forraje, composición química y digestibilidad (Cervantes et al., 1996; Partida, 2003). Sin embargo, la información relacionada con los patrones de crecimiento, componentes morfológicos y diferencias en la composición química entre cultivares diploides y tetraploides durante el ciclo de pastoreo en respuesta a la fertilización nitrogenada es escasa pero indispensable, ya que las variaciones de manejo pueden tener un impacto relativamente alto en la cantidad y calidad del forraje cosechado. El ballico anual requiere un programa eficiente e intensivo de fertilización para que manifieste su verdadero potencial productivo. La aplicación de nitrógeno propicia un crecimiento más rápido y aumenta la concentración de proteína en las gramíneas (Peyraud y Astigarraga, 1998). En el valle de Mexicali es necesario realizar estos estudios debido a la oferta de nuevas variedades de ballico anual que deben ser evaluadas bajo las condiciones ecológicas prevalecientes.

El objetivo general del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera, calidad y componentes morfológicos de dos variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*), diploide y tetraploide en el valle de Mexicali, Baja California.

Los objetivos específicos fueron:

1. Evaluar la producción forrajera y la composición química de las dos variedades bajo cuatro dosis de nitrógeno durante el periodo de crecimiento
2. Evaluar el efecto del nivel de nitrógeno aplicado sobre la tasa de crecimiento y componentes morfológicos de las dos variedades bajo estudio

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. Generalidades del ballico anual

Uno de los zacates más importantes en las zonas templadas áridas y semiáridas, ya sea bajo riego o temporal es el ballico anual o ryegrass anual (*Lolium multiflorum* Lam) también conocido como ballico italiano. Es un pasto de climas frescos, nativo del sur de Europa, particularmente del valle de Po en el norte de Italia donde se cultivo por primera vez (Tabaco et al., 2004). Es una gramínea de sabor agradable, de alto valor nutricional y buena digestibilidad, por lo que es muy importante como fuente de forraje para la alimentación del ganado (Cabanillas et al, 1996; Hafley, 1996). Por su elevada producción de materia seca (MS) existen diferentes formas de utilizarlo: henificado, ensilado, picado en verde o pastoreado, se considera como una planta de vida anual pero algunas variedades pueden comportarse como bianuales cuando las condiciones ambientales son las óptimas (Thom y Prestidge, 1996; Valente et al., 2000). Es más productivo en climas frescos y húmedos, las temperaturas extremas, tanto altas como bajas afectan su rendimiento, su rango óptimo de crecimiento ocurre entre los 20 a 25°C, debido a esto crece bien a principios de otoño y primavera (Peñuñuri y Lizárraga, 1983). Aunque es más tolerante al calor que el ryegrass perenne, el estrés por temperatura provoca que la producción de verano disminuya o termine aunque tenga un suministro adecuado de agua (Hannaway et al., 1999a). 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). Tiene un sistema radicular ramificado y denso, fibroso, carece de rizomas o estolones, los tallos son erectos, las hojas lisas y la inflorescencia es en espiga. En el ballico anual, existe una sola espiga de 10 a 40 cm., la inflorescencia tiene de 5 a 38 espigas colocadas de manera alterna en el axis central (Blount et al., 2005). El ballico anual se introdujo a México en 1968, crece en regiones de clima templado y zonas áridas de riego, con temperaturas medias anuales de 11 a 19 °C en el ciclo de producción, pero que no tengan meses con temperaturas promedio mayores a 25 °C (Cabanillas et al., 1991). La producción de forraje puede variar desde 10 a 18 toneladas de materia seca por hectárea (Núñez et al., 2000). En Sonora, Lizárraga et al. (1980a) al evaluar la producción de forraje en 9 variedades de ballico anual reporta rendimientos máximos de 13.46 ton ha<sup>-1</sup>. Rodríguez et al. (2002), en el valle de Mexicali obtuvo una producción máxima de forraje seco de 17.16 ton ha<sup>-1</sup>, con dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

## **2. Cultivares diploides y tetraploides**

Dentro del género *Lolium multiflorum* existen dos grupos básicos, en relación al número de cromosomas: los diploides y los tetraploides, la distinción entre los dos grupos se basa en el número de cromosomas dentro de cada célula de la planta, los diploides tienen dos pares de cromosomas ( $2n=2x=14$ ) y los tetraploides cuatro pares de cromosomas ( $2n=4x=28$ ) (Hall, 1992). Los objetivos de doblar el número del cromosoma en diversas plantas, incluyendo al género

*Lolium* se ha hecho para lograr una mayor producción, obtener porcentajes más altos de azúcares y sustancias solubles, mayor digestibilidad, órganos más grandes, y mayor resistencia a la sequía y las enfermedades (Evans, 1966). Los cultivares tetraploides tienen tallos más grandes, pero en menor cantidad, con hojas más robustas y separadas, por lo que producen praderas de crecimiento más abierto con menor cobertura de suelo, ideal para el establecimiento de praderas mixtas gramínea-leguminosa (Heath et al., 1985; Connolly, 2001). En cambio los diploides tienen órganos más pequeños, estrechos y numerosos, originando una vegetación baja y densa (Hannaway et al., 1999b). Las células de los cultivares tetraploides tienen una tasa de elongación más rápida que los diploides, resultando en un incremento en el tamaño de sus órganos (Sugiyama, 2005). El aumento del tamaño celular en los ballicos tetraploides, implica una serie de características nutricionales importantes, tales como menor relación pared celular-contenido celular, es decir las plantas tetraploides tienen menor contenido de pared celular por unidad de peso, mayor contenido de carbohidratos solubles y por lo tanto una mayor digestibilidad, por lo que la productividad animal es mejor (Evans, 1966; Norriss, 1999). Morrison, (1980) menciona que la concentración de lignina y hemicelulosa es mayor en las variedades diploides, por lo tienden a ser menos digestibles. Los diploides tienen mayor contenido de materia seca lo cual es una ventaja especialmente al inicio del pastoreo, cuando el contenido de humedad es muy elevada en los ballicos (Marais y Goodenough, 2000). En un estudio con *Lolium Multiflorum*, Tabaco et al. (2004) encontraron que las variedades diploides tienen un contenido de materia seca de 20 g Kg<sup>-1</sup> de material fresco mayor que las tetraploides, de ahí que el periodo de secado después del

corte, es mayor en estas variedades (Hume, 1991). En cuanto a la producción de semilla, en las variedades diploides generalmente es más alta, por lo que la capacidad de resiembra es mejor que en las tetraploides. Las semillas de las variedades tetraploides son de mayor tamaño, casi el doble que las variedades diploides (Duthil, 1980). Para distinguirlos a nivel semilla se toma como valor de referencia el peso de mil semillas (PMS), los tetraploides pesan 3.3-4.7 gramos, y los diploides 1.3-2.6 gramos (Costa et al., 2004). Aunque la semilla de las variedades tetraploides es más grande, el crecimiento y persistencia después de la emergencia es mejor en las variedades diploides (Hall, 1992). Los ballicos tetraploides son más exigentes en humedad, y tienen mayores requerimientos de nutrientes y agua, por lo que generalmente son menos persistente al pastoreo que los cultivares diploides (Heath et al., 1985).

### **3. Tasa de crecimiento del forraje**

Para conocer el potencial productivo y las limitaciones de en 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, (Nelson, 1995; Burboa et al., 1996). El crecimiento del forraje se divide en tres fases. En la primera fase las plantas tienen pocas hojas y realizan menos fotosíntesis, su desarrollo es lento y tienen que utilizar parte de los carbohidratos almacenados. En la segunda fase las plantas tienen más hojas, su crecimiento es rápido, la fotosíntesis es mayor, lo cual les permite almacenar carbohidratos. En la última fase, la fotosíntesis disminuye debido al sombreado de las hojas superiores; además que la energía

capturada se utiliza para la floración y formación de semillas (Rayburn, 1993; Voisin, 1994; Millar y Stritzke, 1995). 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 (Hodgson, 1979). 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> (Scarnecchia y Kothmann, 1986). Las tasas de crecimiento del ballico anual, en el sur de los EU alcanzan los 49 kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (Cuomo et al., 1999) y puede acumular una producción de forraje seco durante el ciclo de 7800 a 11900 kg ha<sup>-1</sup> (Redfearn et al., 2005). En el valle de Mexicali, bajo condiciones de riego y fertilización se obtuvo una producción máxima de forraje seco de 17.9 ton ha<sup>-1</sup> durante el ciclo vegetativo (Partida, 2003). Ehlig y Hagemann, (1982) en el valle Imperial reportan rendimientos de forraje seco que varían de las 2.2 a las 18 ton ha<sup>-1</sup> con diferentes niveles de fertilización nitrogenada en un ciclo productivo de diciembre a junio.

#### **4. Factores que afectan el crecimiento del forraje**

Los principales factores que influyen el crecimiento de la pradera son: cambios en la temperatura, radiación solar, condiciones del suelo (humedad y pH) y la disponibilidad de nitrógeno (Scout y Jung, 1992; Buxton y Mertens, 1995; Pérez et al., 2002).

##### **4.1. Temperatura**

El metabolismo de las plantas, al igual que la fotosíntesis, la respiración y los procesos de crecimiento son catalizados por enzimas cuya acción depende en



gran medida de la temperatura ambiental (Hopkins, 2000). La temperatura es el principal factor que afecta la tasa de estos procesos y determina el inicio del crecimiento (Rayburn, 1993; King et al., 1996). Cuando la temperatura excede los 35°C y existen deficiencias de agua se presentan daños en la membrana celular, originando una reducción en el crecimiento de la planta al desacoplarse el sistema enzimático para la captación de CO<sub>2</sub> durante la fotosíntesis (Jiang y Huang, 2001). El rango de temperatura óptima para el crecimiento de las gramíneas oscila de 15 a 20°C, las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, detienen su crecimiento (Buxton y Mertens, 1995). Cuando la temperatura se encuentra fuera de estos promedios el crecimiento es mínimo, entra en estado de latencia o muere (Cooper y Tainton, 1968). Si la temperatura se haya entre 8 y 14 °C el crecimiento genera un aumento en la producción de materia seca de 13 kg ha<sup>-1</sup> por el aumento de cada grado centígrado y 21 kg ha<sup>-1</sup> cuando oscila entre 15 y 20 °C (Colman et al., 1974). La temperatura incrementa el número y tamaño de las células, la tasa desarrollo de la lámina de crecimiento, así como el número de hojas por tallo, (Duru y Ducrocq, 2000; Bartholomew y Williams, 2005).

El crecimiento óptimo del ballico anual, ocurre entre los 20 y 25 °C, su desarrollo vegetativo se detiene a los 4°C en su límite inferior y a los 30°C en límite superior (Duthil, 1980). En un estudio realizado para evaluar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento del ballico anual se encontró un efecto lineal sobre el desarrollo del forraje de 7 a 18°C. La tasa más baja de crecimiento fue de 6.7 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> a los 7°C y las más elevada de 66.6 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> a los 18 °C. La mayor tasa de crecimiento para el ballico anual se presenta cuando la temperatura

diaria promedio esta entre los 15-20°C (Wihing, 1963). Hill y Person, (1985), al evaluar el efecto de la temperatura (15/10°C, 18/13°C, 21/16°C, 24/19°C y 30/25°C ± 1°C) bajo ambiente controlado, sobre el crecimiento de tres gramíneas templadas (bromo, ballico anual y festuca) encontraron que la tasa más alta promedio, en la acumulación de materia seca ocurre a los 15/10°C - 18/13°C; y el ballico anual fue la especie con mayor crecimiento. En un experimento para evaluar el rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L) en respuesta a la frecuencia de corte Velasco et al. (2005) encontró que la tasa de crecimiento más alta fue 29 kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> y se registró en primavera, mientras que en invierno cuando se registraron los valores más bajos de horas luz y de radiación global y la temperatura mínima descendió hasta valores negativos fue de 8 kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. La temperatura ejerce influencia importante sobre la tasa de aparición y expansión de las hojas incrementando la producción de materia seca en los forrajes (Durand et al., 1999; Newman et al., 2001). Las temperaturas bajas del invierno, aún en periodos cortos, disminuyen considerablemente el crecimiento de los pastos, por lo que pueden presentarse tasas de acumulación de forraje cercanas a cero (Duthil, 1980).

#### **4.2. Radiación solar**

La luz o radiación solar es uno de los factores fundamentales que afectan el desarrollo vegetativo y floración de las especies forrajeras (Bahmani et al., 2000; Manske, 2001). La intensidad de la luz tiene un efecto positivo en el crecimiento y producción de materia seca (Deinum et al., 1996). El crecimiento de las plantas en respuesta a la radiación solar se divide en tres elementos fundamentales: calidad,

densidad y duración de la radiación (fotoperiodo); bajo condiciones de campo estos factores se encuentran frecuentemente interrelacionados (Nelson y Volenec, 1995).

#### **4.2.1. Calidad**

La calidad se refiere a la longitud de onda de los rayos que contribuyen al espectro de la radiación solar (Nelson y Volenec, 1995). La calidad de luz afecta el crecimiento de las plantas, el desarrollo es mejor bajo un espectro total de luz solar (Casal et al., 1987). Por ejemplo, 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).

#### **4.2.2. Densidad**

Cuando los nutrientes y las necesidades de agua son adecuados, la tasa de crecimiento esta en función directa de la densidad de la radiación por la influencia que ejerce sobre la fotosíntesis (Gautier et al., 1999). Cuando se alcanza una elevada área foliar después del corte o pastoreo, la tasa de crecimiento esta 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, ya que al reducirse la densidad disminuye la tasa fotosintética y en consecuencia la producción de materia seca (Casal et al., 1985;

Bos y Neuteboom, 1998). Las especies responden en forma diferente a las variaciones en la radiación solar, por ejemplo el pasto ovillo crece mejor bajo condiciones de baja densidad, comparado con el pasto bromo quien requiere densidades más altas (Nelson y Volenec, 1995). Krestschmer y Pitman (1995) ubican a la intensidad lumínica como el principal factor limitante en el crecimiento en una planta.

#### **4.2.3. Fotoperiodo**

El fotoperiodo es la cantidad de horas luz presentes durante el día y tiene influencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, muchas de las especies forrajeras son sensibles al fotoperiodo, aunque las repuestas pueden ser modificadas por otros factores climáticos, como temperatura y estrés por agua (Wang et al., 2004). El conocimiento de como 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). Especies como el pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L) requieren bajas temperaturas y días cortos durante el otoño para inducir su florecimiento, sus meristemas apicales permanecen en estado vegetativo durante el invierno y muestran crecimiento cuando la temperatura alcanza los 25-30 °C en primavera (Nelson, 1995). La poca cantidad de luz que recibe la planta en días cortos provoca un menor espesor en sus hojas, lo que refleja una menor cantidad de estomas y de células mesófilas por unidad de área foliar (Wu et al., 2004). Los requerimientos de luz durante el crecimiento y la floración varían entre especies, el ballico anual y el pasto timoty (*Phleum pratense*)

requieren de 8 a 13 h y de 15 a 16 h, respectivamente (Hopkins, 2000). En el valle de Mexicali desde la siembra al cierre del ciclo vegetativo la luz diurna promedio es de 12 h, con un mínimo de 10:10 h en diciembre y un máximo de 13:50 h en mayo (Lehman, 1971). El rebrote y el peso seco se incrementan al incrementar el fotoperíodo. Swanton et al. (2000), al estudiar el efecto del fotoperíodo sobre el crecimiento del pasto colorado (*Echinochloa cruz-galli*), encontraron que la tasa de rebrote y el peso seco del forraje se incrementan al aumentar el fotoperíodo de 8 a 16 horas luz por día. La mayor tasa de aparición de hojas se presentó cuando el fotoperíodo fue de 16 horas. Resultados similares son reportados por Ferraris (1978) en el pasto elefante (*Pennisetum purpureum* )

#### **4.3. Humedad y pH del suelo**

El agua es uno de los factores ecológicos más importante que influye en la producción forrajera. La adecuada humedad del suelo es esencial para el crecimiento normal de las plantas. Condiciones de excesiva y baja humedad interfieren 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). En suelos con drenaje deficiente y lluvias abundantes se presentan situaciones desfavorables para el crecimiento de las praderas provocando un desbalance hormonal limitando la difusión de oxígeno y la absorción de minerales hacia la planta (Baruch, 1994); además los forrajes son más susceptibles a la presencia de enfermedades en condiciones de alta humedad (Misra y Singh,

1983). El ballico anual se adapta a suelos húmedos con drenajes pobres y es resistente a periodos de inundación continua de 15 a 20 días cuando las temperaturas son inferiores a los 20°C (Hannaway et al., 1999a). Esta es una condición estricta para el ballico anual, sobre todo al cierre del pastoreo (abril-mayo) en zonas áridas.

El crecimiento y desarrollo de la mayoría de las especies forrajeras esta limitado a cierto rango de pH, en suelos marcadamente ácidos (pH<4.0) o alcalinos (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). En suelos ácidos, las altas concentraciones de aluminio y manganeso son considerados como los mayores limitantes en el crecimiento de las plantas (Balsberg, 1995). La mayoría de las especies forrajeras requieren mantener un pH mínimo de 6.0 para su máximo desarrollo (Hopkins, 2000). El ballico anual es tolerante a suelos con pH ácidos y alcalinos en un rango de 5.5 a 8.; su mejor crecimiento ocurre a un pH 5.7 (Balasko et al., 1995).

#### **4.4. Fertilización nitrogenada**

Entre los principales elementos químicos que necesitan los cultivos para desarrollarse se encuentra el nitrógeno (N). Este es utilizado por las plantas forrajeras para formar proteínas y se ha demostrado que su adición a través de los fertilizantes incrementa la producción de forraje, justificando económicamente su utilización (Peñuñuri et al., 1982; Lippke, 1999). La aplicación de nitrógeno

propicia un mayor y más rápido crecimiento de las gramíneas incrementado la producción y calidad del forraje (Latinga et al., 1999; Jonhson et al., 2001). La fertilización nitrogenada (FN) incrementa la producción de materia seca, por lo que el ballico anual comúnmente se fertiliza con altos niveles de nitrógeno para asegurar un máximo rendimiento (Evers, 2002). En un estudio con diferentes niveles de fertilización nitrogenada (0, 50, 100, 150, 200 y 250), Marino et al. (2004) reportan que la producción de materia seca en ballico anual se incrementa en forma lineal al incrementar el nivel de fertilización de 2440 a 6519 kg de MS ha<sup>-1</sup>. Al respecto, Lippke et al. (2006) mencionan que los incrementos en la tasa de crecimiento en respuesta a los niveles de fertilización nitrogenada superiores a los 269 kg ha<sup>-1</sup> son relativamente pequeños y que los niveles económicamente óptimos para la aplicación de nitrógeno están en el rango de los 250 a los 315 kg ha<sup>-1</sup>. De igual forma Villers y Ryssen, (2001) mencionan que las aplicaciones de N que excedan de los 350 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> parecen exceder los requerimientos para el crecimiento de este forraje. Ehlig y Hagemann, (1982) al estudiar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el ballico anual en el valle Imperial, encontraron que la producción de materia seca se incrementa en forma lineal al incrementar la dosis de nitrógeno hasta los 672 kg ha<sup>-1</sup> para el máximo rendimiento y que la aplicación de 90 kg de N ha<sup>-1</sup> en presiembra, y 112 kg de N ha<sup>-1</sup> después de cada corte (o aproximadamente con intervalos de un mes) producen el máximo crecimiento manteniendo el contenido de nitratos dentro de un rango aceptable para usarse en la alimentación del ganado. El contenido de nitratos en los forrajes se puede incrementar a niveles tóxicos cuando se fertiliza con cantidades de nitrógeno que excedan las necesidades de la planta. Las

plantas absorben el nitrógeno en forma de nitratos que almacenan en su tejido para la formación de proteínas (Strickland et al., 1996). Niveles de nitrato de 568 a 1136 ppm se consideran seguros para la alimentación del ganado, de 1136 a 2272 ppm ligeramente riesgoso y de 2272 a 3409 ppm moderadamente riesgoso. Forrajes con cantidades mayores a 3409 ppm se recomienda no utilizarlos (Poore et al., 1999). Cabanillas et al. (1991) reportan que el nitrógeno es útil para acelerar el crecimiento del pasto después de cada corte y para incrementar la calidad nutricional del forraje producido, además de que 100 kg de N ha<sup>-1</sup> al emerger la plántula y 60 kg después de cada corte promueven los mayores rendimientos de forraje en ballico anual. Respuestas muy similares se presentan en ballico perenne, donde se encontró 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).

## **5. Componentes químicos y morfológicos del forraje**

El valor nutritivo de un forraje se encuentra plenamente ligado a su composición química. La digestibilidad de los forrajes varía por las diferencias en su composición química, siendo las paredes celulares más indigestibles que el



contenido celular (Lozano, 1994; Buxton y Mertens, 1995). 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 se reduce la calidad disminuye (Ball et al., 2001; Moreira et al., 2004). La tasa de senescencia es el nombre que se le da al proceso fisiológico de las plantas a través del cual completan su madurez, principalmente las hojas, envejecen y mueren. En estudios con forrajes, la senescencia generalmente se define como la acumulación total de material muerto y depende de varios factores como el pastoreo, sombreado de las plantas, competencia por nutrientes, inviernos severos, plagas, enfermedades y la edad (Woodward, 1998). Después de que la pradera alcanza su máxima área foliar, aumenta la tasa de senescencia y descomposición de los tejidos hasta igualar o superar la tasa de crecimiento, por lo que es importante balancear la cantidad de biomasa producida con la calidad alimenticia del forraje para un mejor aprovechamiento de la pradera (Velasco et al., 2001). Se puede observar una disminución en el porcentaje de proteína cruda (PC) y un aumento en la MS y fibra detergente neutro (FND) cuando disminuye el número de hojas y se incrementa la cantidad de tallos y material muerto (MM) (Delagarde et al., 2000).

El ballico anual (*Lolium multiflorum*) es un excelente forraje por su alta producción y alto valor nutricional en las etapas tempranas de crecimiento. Con buen manejo produce 200 g kg<sup>-1</sup> de proteína cruda y 700 g kg<sup>-1</sup> de nutrientes digestibles totales (TND) en un periodo de noviembre-abril (Cuomo, et al., 1999). Asimismo Kallenbach et al. (2003) reporta que la concentración máxima de fibra detergente ácido (FDA) y FDN para el ballico anual es de 252 g kg<sup>-1</sup> y 455 g kg<sup>-1</sup>,

respectivamente, lo cual sugiere que es un forraje de calidad aceptable para la alimentación de ganado, ya sea de engorda o leche. Thom y Prestidge, (1996) al evaluar la producción de ballico anual en Nueva Zelanda encontraron valores máximos para el contenido de nitrógeno de 4.1% (25% de PC) y observaron que este valor disminuye conforme aumentan los días de crecimiento hasta llegar a un valor mínimo de 2.3% (14% de PC). El NRC, (1996), menciona que la composición química promedio del ballico anual es: TND 84%, PC 17.9%, FDN 61%, FDA 38%, y cenizas 17.4%. En el valle de Mexicali se reportan valores máximos para PC, FDA y FDN en ballico anual de 19.08, 28.14 y 42.9% respectivamente (Rodríguez, 1995). El ballico anual es considerado uno de los forrajes de mayor calidad, la digestibilidad de la materia seca el promedio generalmente es mayor al 65% (Blount et al., 2005). Al respecto Hafley, (1996) al comparar dos variedades de ballico anual con dos métodos de pastoreo, encontró una digestibilidad de la MS del 72.1 al 62.7%. De igual forma Aganda et al. (2004) mencionan que la digestibilidad del ballico anual puede variar de  $78.00 \pm 2.24$  al  $55.00 \pm 1.81\%$  en el ciclo de crecimiento.

## **6. Factores que afectan la composición química y morfológica del forraje**

Los principales factores que afectan la composición química y morfológica en el ballico anual son la temperatura, la etapa de crecimiento y la fertilización nitrogenada (Wilson et al., 1991; Buxton y Mertens, 1995).

## **6.1. Temperatura**

La temperatura es uno de los factores ambientales de mayor influencia sobre la composición química y morfológica de los forrajes (Akin et al., 1987). El principal efecto de las altas temperaturas sobre los pastos de clima templado se refleja al acelerar la madurez de la planta, y disminuir la relación hoja:tallo, con el consecuente incremento en los componentes de la pared celular de la planta y una disminución en la digestibilidad del forraje (Hides et al., 1983; Buxton y Mertens, 1995). Las altas temperaturas incrementan la proporción de fibra en el forraje, debido a que generan efectos adversos en la calidad del pasto durante su crecimiento, al incrementar el contenido de fibra detergente neutro (Fales, 1986; Wilson, 1991). Henderson y Robinson, 1982, al evaluar el efecto de la temperatura sobre los componentes fibrosos en dos especies de forrajes encontraron que la concentración de FDN se incrementa en el género *Cynodon* y disminuye en *Paspalum* al incrementar la temperatura. En general la FDN se incrementa en todas las especies al incrementar la temperatura.

## **6.2. Edad de la planta o madurez**

La composición química del ballico anual esta grandemente influenciada por la etapa de crecimiento del forraje. 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). Ha medida que aumenta la madurez del 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 (Tabaco 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. El incremento de FDA y FDN asocia con la pérdida de contenido celular por la maduración de la planta y una mayor concentración de lignina por lo que existe una relación inversa significativa entre la etapa de

madurez y el contenido de FDN (Jung, 1989; Beever et al., 2000). Asimismo, el porcentaje de cenizas se incrementa conforme avanza la etapa de crecimiento (Givens et al., 1989), al igual que la materia orgánica (Delagarde et al., 2000).

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 ovillo (Beever et al., 2000). En el pasto ovillo 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). La cantidad de material muerto generalmente 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).

### 6.3. Fertilización nitrogenada

En la ganadería intensiva, las siembras de forrajes requieren cantidades adecuadas de nitrógeno, para lograr mayor producción de materia seca y un valor nutricional alto. El incremento en los niveles de nitrógeno tiene un gran efecto sobre la composición química del ballico anual (Binnie et al., 1974). Villiers y Ryssen, (2001) mencionan que con 350 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en ballico anual se puede obtener entre 3.2 y 3.6% de N (20-22% de CP). El mayor incremento de PC es nitrógeno no proteico (NNP) en forma de nitratos y aminoácidos libres (Buxton y Mertens, 1995; Soto et al., 2005). En el estado de Sonora, Peñuñuri et al. (1980) mencionan que el porcentaje de proteína se incrementa notablemente al elevar la aplicación de nitrógeno. El porcentaje más alto se obtuvo en el tratamiento de 120 kg de N por corte con 14.9% y el menor de 8.8% sin la utilización de nitrógeno. En el valle de Mexicali se observa un efecto similar, Partida, (2003) encontró una tendencia lineal positiva en el porcentaje PC al incrementar la cantidad de nitrógeno aplicado, el porcentaje de PC promedio de 15% fue para el nivel más bajo (100 kg N ha<sup>-1</sup>) y el de 19% para el nivel más alto (350 kg N ha<sup>-1</sup>). En un estudio para evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas se encontró un efecto lineal en la concentración de proteína al incrementar la dosis de nitrógeno de 0 a 300 Kg de ha<sup>-1</sup> (Urbano, 1997). De igual forma otros autores mencionan incrementos en la concentración de PC al incrementar los niveles de fertilización nitrogenada en forrajes como pasto llanero (Carrillo et al., 2000), brachiaria (Navarro et al., 1992), Kikuyo (Soto, 2005), y pasto limpo (*Hemarthria altísima*) (Bernardis et al., 2000). Por otro lado, el contenido de materia orgánica en el forraje tiende a disminuir al incrementar la

aplicación de N, Peyraud et al., (1997) mencionan que en ballico perenne se reduce de 925 a 906 g kg<sup>-1</sup> al utilizar dos niveles de fertilización nitrogenada por corte (0 y 80 kg de N).

Diversos autores indican que el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la fracción fibrosa es variable. Lippke (1999) menciona que la concentración fibrosa en ballico anual tiende a disminuir al incrementar los niveles de fertilización nitrogenada. McKenzie et al. (1999) al evaluar la aplicación de nitrógeno en ballico perenne encontraron un incremento en la concentración de proteína y una disminución en la FDN, al incrementar los niveles de fertilización. Resultados similares son reportados por Valk et al. (1996) con tres niveles de fertilización 150, 300 y 450 kg de N ha<sup>-1</sup> en ballico perenne, quienes señalan que no existe diferencias muy marcadas en el contenido de FDN, pero si una respuesta positiva en concentración de proteína. Johnson et al. (2001) al analizar los efecto de la fertilización nitrogenada en pastos tropicales señalan que al incrementar el nivel de nitrógeno, la FDN disminuye linealmente en todos los forrajes.

Igualmente, la aplicación de nitrógeno incrementa la densidad y peso de los tallos. Thom y Prestidge (1996) muestran que la densidad de los tallos se incrementa en un 50% con la aplicación de 200 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. La densidad se incrementa 10.4 tallos/m<sup>2</sup> por kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> comparando dos niveles de fertilización (0 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup>), y 2.4 tallos/m<sup>2</sup> por kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> al comparar 200 y 400 kg de N ha<sup>-1</sup>. Este aumento en el número de tallos, a su vez resulta en un incremento en el número y peso seco de las hojas por planta. Singer

(2002), en dos años de estudios en pasto ovilla, bromo y timoty encontró que la fertilización nitrogenada no tuvo efecto sobre la densidad de tallos durante el primer año de producción, a excepción del pasto ovilla, el cual fue influenciado negativamente por la aplicación de nitrógeno en el segundo año de evaluación. De igual forma, al evaluar la aplicación de la fertilización nitrogenada sobre la proporción de hojas y tallos en tres gramíneas (bermuda, kikuyo y ballico perenne) Urbano (1997) reporta que la aplicación de nitrógeno no afectó la relación hoja:tallo en el pasto ballico, mientras que en bermuda y kikuyo la respuesta fue significativa en los niveles de 150 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup>. Lima et al. (1999) encontraron que la fertilización con N, incrementa el porcentaje de hojas en el pasto limpo (*Hemarthria altísima*). Los incrementos en los niveles de aplicación de nitrógeno, acompañados de largos periodos de crecimiento en ballico perenne producen altos rendimientos en hojas y tallos, por lo que la relación hoja:tallo se ve alterada significativamente por la duración del periodo de crecimiento, sin embargo aplicación de nitrógeno no tiene ningún efecto sobre esta variable (Bartholomew y Chestnutt, 1978). En el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), Faria et al. (1997) mencionan que existe una tendencia en la materia seca de hoja, tallo y material muerto a incrementar su rendimiento a medida que se aumentan las dosis de fertilizante nitrogenado. La aplicación de nitrógeno incrementa la tasa de expansión de las hojas y aumenta su tamaño, provocando una mayor área fotosintética y crecimiento del forraje, por lo tanto el porcentaje de material muerto también se incrementa. La fertilización nitrogenada del pasto elefante no provocó cambios significativos en la relación hoja:tallo.



La fertilización nitrogenada generalmente incrementa la altura de las plantas. El crecimiento en altura de los brotes de las plantas se determina por el suministro de energía y nutrientes que obtiene de sus órganos de almacenamiento, suelo y proceso fotosintético (Grime, 1982). La altura óptima de defoliación, nos permite obtener el máximo rendimiento de una pradera y ofrecer al animal un forraje con mayor valor alimenticio. En ballico anual, la altura recomendada para el pastoreo es de 25 a 30 cm, lo cual se alcanza generalmente a los 45 días después de la siembra (Hannaway et al., 1999a). Rodríguez et al. (2002) encontraron que a medida que aumenta la fertilización nitrogenada aumenta la altura del ballico anual, obtuvieron la menor altura (57.54 cm) con una fertilización de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, y la máxima (66.04 cm) con 300 kg de N ha<sup>-1</sup>. Es de esperarse un incremento en la altura como respuesta al mayor suministro de N debido al mayor vigor de la planta e índice de crecimiento (Anderson, 1999). Resultados similares fueron reportados por Urbano (1997) al evaluar el rendimiento de tres gramíneas, pasto kikuyo, ballico perenne y pasto bermuda, con tres niveles de nitrógeno 0, 150 y 300 kg ha<sup>-1</sup>. En las especies ballico perenne y kikuyo hubo un efecto lineal sobre la altura de la planta con el nivel de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, pero no entre 150 y 300 kg N ha<sup>-1</sup>, mientras que para bermuda, la respuesta fue significativa con la aplicación de 300 kg N ha<sup>-1</sup>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad Experimental de Bovinos de Engorda, Área de Praderas Irrigadas del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, durante el ciclo agrícola de Otoño-Invierno 2004-2005, localizado entre los meridianos 114° 45' a 115° 40' longitud oeste y a los 31° 40' a 32° 40' de latitud norte, con una altitud de 12 msnm. El clima se define como BW (h') hs (e') muy seco cálido con humedad variable en todas las estaciones del año (García, 1973). El suelo en el área de estudio se caracteriza por presentar una textura pesada de color café oscuro, con un promedio del 79% de arcilla compacta en el suelo, lo que origina una alta capacidad de de retención de agua y un drenaje deficiente. Es de tipo salino-sódico, con más de 16% de sodio intercambiable y un pH que oscila de 7.9 a 8.4, con manto freático somero, con profundidades que varían de 90 a 215 cm, altamente mineralizado por lo cual se clasifica como suelos de 3ª y de 4ª clase agrícola en donde la viabilidad de adaptación productivamente hablando presentan problemas de desarrollo y producción (SARH, 1989).

### Procedimiento experimental

El trabajo de campo se desarrolló del 15 de septiembre del 2004 al 03 de junio del 2005. Se estableció un experimento con dos variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*), diploides y tetraploides con cuatro niveles de fertilización

nitrogenada. Los tratamientos fueron, variedad tetraploide común: 1. Testigo (TN000), 2. 125 kg de N ha<sup>-1</sup> (TN125), 3. 250 kg de N ha<sup>-1</sup> (TN250) y 4. 375 kg de N ha<sup>-1</sup> (TN375). Variedad diploide Lonestar: 1. Testigo (DN000), 2. 125 kg de N ha<sup>-1</sup> (DN125), 3. 250 kg de N ha<sup>-1</sup> (DN250), 4. 375 kg de N ha<sup>-1</sup> (DN375). La parcela experimental tuvo una superficie de 2240 m<sup>2</sup> y la unidad experimental de 70 m<sup>2</sup>. La toma de muestras se hizo en un área útil de 24 m<sup>2</sup> en el centro de la unidad experimental dejando un espacio de 4 m entre cada unidad y un metro a lo largo de la orilla de la parcela. La densidad de siembra utilizada fue de 55 kg ha<sup>-1</sup> de semilla para la variedad tetraploide y 45 kg ha<sup>-1</sup> para la variedad diploide. Como fuente inicial de nitrógeno (presiembrado) se aplicó urea (46-00-00) 40% del N total en cada tratamiento, y como fuente de fósforo se utilizó fosfato monoamónico (11-52-00) con una sola aplicación de 50 kg ha<sup>-1</sup>. Para la aplicación de nitrógeno en planta se usó urea, 20% del N total entre cada corte. Se dio un riego de germinación y tres de auxilio hasta el primer corte que se hizo cuando el forraje tuvo una altura de 50 a 55 cm. Para la medición de las variables de crecimiento se colectaron muestras mediante la técnica de corte directo con tijera a nivel de suelo en cada una de las parcelas, en un área muestral con círculo de 0.1 m<sup>2</sup> en cortes sucesivos y con intervalos de catorce días entre cada espacio muestral. Se realizaron tres periodos de cortes que incluían dos muestreos, uno a la semana dos de crecimiento y otro a la semana cuatro en cada uno de los tratamientos. Antes del inicio de los muestreos en cada periodo de corte, se dio un corte de uniformidad a una altura aproximada de cinco centímetros y se tomó una muestra a ras de suelo para estimar el forraje residual. A consecuencia de las lluvias que se presentaron en enero, el inicio de esta investigación se retrasó hasta el mes de

febrero, fecha en la que se dieron los primeros cortes. El primer corte se realizó del 18 de febrero al 18 de marzo de 2005, el segundo del 07 de abril al 06 de mayo de 2005 y el tercero del 06 de mayo al 03 de junio de 2005. El forraje obtenido en los cortes fue identificado y pesado, se separaron en material muerto y verde. Del material verde se tomó una segunda submuestra del 30% total, la cual se separó en hojas y tallos. Los componentes morfológicos se secaron a 55 °C por 48 horas y se pesaron. Con los datos de peso seco se calculó la cantidad promedio de materia seca parcial de cada componente morfológico, la relación hoja:tallo, relación hoja:no hoja y producción de forraje seco total.

La tasa de crecimiento del ballico anual se calculó con los datos de materia seca parcial, en las diferentes edades de rebrote en cada uno de los tratamientos.

La tasa de crecimiento se calculó con la siguiente fórmula:

$$TC = FC / t$$

$$FC = \text{Forraje cosechado (Kg MS ha}^{-1}\text{)}$$

$$t = \text{Días transcurridos entre un corte y el siguiente}$$

(Velasco et al., 2005)

### **Análisis de las muestras**

El material obtenido en los cortes de cada tratamiento se molieron en un molino de willy mill con un cedazo de 1 mm y se realizaron los siguientes análisis para obtener los valores de composición química: materia seca (MS), cenizas, materia orgánica (MO), N Kjeldahl (PC) (AOAC, 1980) y fibra detergente neutro (FDN) (Chai y Uden, 1998).

## Análisis estadístico

Para el Análisis estadístico de las variables de interés en el presente estudio se utilizó un arreglo factorial (2 X 4) bajo la estructura de un diseño en bloques Completos al Azar, con parcelas subdivididas (Carter, 1993), para su análisis se utilizó el PROC ANOVA del paquete estadístico SAS (1998); siendo representado por el modelo descrito a continuación.

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + D_j + C_k + \delta_{ijk} + (VD)_{ij} + (DC)_{jk} + (VC)_{ik} + E_{ijkl}$$

**Donde:**

$Y_{ijkl}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$V_i$  = Efecto de la parcela grande (Variedades)  $i = 1 \dots 2$

$D_j$  = Efecto de parcela menor (efecto de Dosis)  $j = 1 \dots 4$

$C_k$  = Efecto de Bloques (efecto de Cortes)  $k = 1 \dots 3$

$E_{ijk}$  = Error Experimental, E(a)

$(VD)_{ij}$  = Interacción Variedad y Dosis

$(DC)_{jk}$  = Interacción Dosis y Corte

$(VC)_{ik}$  = Interacción Variedad y Corte

$\delta_{ijk}$  = Error experimental E(b).

**Supuestos:** Los errores se  $\sim N I (0, \sigma^2)$ .

Para la comparación de medias se utilizó el procedimiento de Tukey

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción forrajera, tasa de crecimiento, altura y componentes morfológicos

Los resultados del efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera, tasa de crecimiento, altura de la planta y componentes morfológicos de las variedades se muestran en el cuadro 1. Existió efecto significativo ( $P < .05$ ) entre las variedades sobre la producción de forraje seco, tasa de crecimiento y altura de la planta. La producción de forraje seco fue mayor en la variedad diploide con un valor de  $1486.53 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que para la variedad tetraploide el rendimiento fue de  $1406.00 \text{ kg ha}^{-1}$ . Zapata et al. (1984) al evaluar la producción de forraje en ballico anual diploide y tetraploide, con las variedades Oregon y tetraploide común, encontraron una mayor producción de materia seca (MS) por ciclo en los cultivares diploides con un rendimiento promedio de  $17.5 \text{ ton de MS ha}^{-1}$  para la variedad Oregon y  $16.75 \text{ ton de MS ha}^{-1}$  para la tetraploide común. Por otro lado, Flores et al. (1982) no encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > .05$ ) entre cultivares, pero si observaron una mayor producción de materia seca en la variedad diploide con un valor de  $15.90 \text{ ton de MS ha}^{-1}$ , mientras que en la variedad tetraploide el rendimiento promedio fue de  $15.51 \text{ ton de MS ha}^{-1}$ . En ballico perenne se presenta un comportamiento muy similar, O'Donovan y Delaby, (2005) al hacer una comparación en cultivares diploides y tetraploides encontraron una mayor producción de materia seca en las variedades diploides con un promedio de  $2486.67 \text{ kg ha}^{-1}$  por corte, contra  $2437.25 \text{ kg de MS ha}^{-1}$  para las tetraploides. La tasa de crecimiento fue de  $43.23 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$

en la variedad diploide y de 39.57 kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> para la variedad tetraploide (P<.05). La tasa de crecimiento se encuentra directamente relacionada con la producción forrajera por hectárea, lo cual se concuerda con los resultados de esta investigación, donde observamos que las variedades diploide tienen mayor rendimiento por ciclo productivo y por lo tanto mayor tasa de crecimiento. Órganos de mayor tamaño en las variedades tetraploides no necesariamente indican mayor productividad, ya que las variedades diploides tienen mayor tasa de crecimiento y mayor contenido de materia seca (Duthil, 1980). La altura de planta fue mayor en la variedad tetraploide común con un valor de 26.42 cm, en tanto para la diploide fue de 25.00 cm. Al respecto, O'Donovan y Delaby, (2005) reportan mayor altura en los cultivares tetraploides, aunque estadísticamente no encontraron diferencias y Heath et al. (1985) indican que las variedades tetraploides son de mayor altura, con tallos más grandes y hojas más anchas, pero en menor cantidad que los cultivares diploides, los cuales tienen sus órganos más pequeños y numerosos, por lo que producen vegetaciones bajas y densas.

**Cuadro 1. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera, tasa de crecimiento, altura y componentes morfológicos en dos variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*) en el valle de Mexicali.**

	Variables <sup>1</sup>							
	P.F ± DE <sup>*</sup>	T. C ± DE	ALT ± DE	M. M ± DE	HOJA ± DE	TALLO ± DE	RHT ± DE	RHNH ± DE
<b>Variedad</b>								
Tetraploide	1406.00 <sup>b</sup> ± 101.9	39.57 <sup>b</sup> ± 3.2	26.42 <sup>a</sup> ± 1.4	13.80 <sup>a</sup> ± 0.5	42.26 <sup>a</sup> ± 1.4	42.25 <sup>b</sup> ± 1.3	1.19 <sup>a</sup> ± 0.1	0.82 <sup>a</sup> ± 0.04
Diploide	1486.53 <sup>a</sup> ± 110.4	43.23 <sup>a</sup> ± 3.9	25.00 <sup>b</sup> ± 1.3	14.20 <sup>a</sup> ± 0.6	40.36 <sup>b</sup> ± 1.3	43.91 <sup>a</sup> ± 1.1	1.03 <sup>b</sup> ± 0.1	0.74 <sup>b</sup> ± 0.04
<b>Dosis<sup>2</sup></b>								
000	936.48 <sup>d</sup> ± 82.2	16.80 <sup>d</sup> ± 1.1	16.58 <sup>d</sup> ± 0.6	10.94 <sup>c</sup> ± 0.3	44.13 <sup>a</sup> ± 1.7	41.80 <sup>a</sup> ± 2.0	1.28 <sup>a</sup> ± 0.1	0.87 <sup>a</sup> ± 0.1
125	1336.20 <sup>c</sup> ± 125.2	33.75 <sup>c</sup> ± 3.2	23.32 <sup>c</sup> ± 1.3	12.31 <sup>b</sup> ± 0.5	41.42 <sup>b</sup> ± 1.7	44.02 <sup>a</sup> ± 1.6	1.08 <sup>b</sup> ± 0.1	0.77 <sup>b</sup> ± 0.1
250	1654.19 <sup>b</sup> ± 158.6	51.11 <sup>b</sup> ± 4.9	30.10 <sup>b</sup> ± 1.9	15.87 <sup>a</sup> ± 0.8	39.72 <sup>b</sup> ± 1.9	43.67 <sup>a</sup> ± 1.4	1.02 <sup>b</sup> ± 0.1	0.75 <sup>b</sup> ± 0.1
375	1858.20 <sup>a</sup> ± 183.2	63.93 <sup>a</sup> ± 6.3	32.82 <sup>a</sup> ± 2.3	16.86 <sup>a</sup> ± 0.9	39.89 <sup>b</sup> ± 2.0	42.83 <sup>a</sup> ± 1.5	1.06 <sup>b</sup> ± 0.1	0.74 <sup>b</sup> ± 0.1
<b>Corte<sup>3</sup></b>								
1	2191.60 <sup>a</sup> ± 103.4	62.27 <sup>a</sup> ± 3.9	35.37 <sup>a</sup> ± 1.9	9.70 <sup>c</sup> ± 0.4	51.55 <sup>a</sup> ± 0.8	33.48 <sup>c</sup> ± 0.9	1.64 <sup>a</sup> ± 0.1	1.09 <sup>a</sup> ± 0.04
2	1838.12 <sup>b</sup> ± 92.2	48.11 <sup>b</sup> ± 3.9	25.06 <sup>b</sup> ± 1.1	13.36 <sup>b</sup> ± 0.3	46.59 <sup>b</sup> ± 0.7	40.00 <sup>b</sup> ± 0.8	1.22 <sup>b</sup> ± 0.04	0.89 <sup>b</sup> ± 0.03
3	309.03 <sup>c</sup> ± 13.9	13.81 <sup>c</sup> ± 0.6	16.68 <sup>c</sup> ± 0.5	18.93 <sup>a</sup> ± 0.7	25.73 <sup>c</sup> ± 0.9	55.78 <sup>a</sup> ± 0.7	0.47 <sup>c</sup> ± 0.02	0.36 <sup>c</sup> ± 0.02
<b>Semana<sup>4</sup></b>								
2	1082.22 <sup>b</sup> ± 66.9	30.80 <sup>b</sup> ± 1.6	19.88 <sup>b</sup> ± 0.6	13.06 <sup>b</sup> ± 0.6	45.24 <sup>a</sup> ± 1.2	39.02 <sup>b</sup> ± 1.1	1.32 <sup>a</sup> ± 0.1	0.90 <sup>a</sup> ± 0.04
4	1810.32 <sup>a</sup> ± 123.9	52.00 <sup>a</sup> ± 4.5	31.54 <sup>a</sup> ± 1.6	14.94 <sup>a</sup> ± 0.5	37.34 <sup>b</sup> ± 1.3	47.14 <sup>a</sup> ± 1.1	0.90 <sup>b</sup> ± 0.1	0.65 <sup>b</sup> ± 0.03

<sup>a, b, c, d</sup> Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey > 0.05)

<sup>\*</sup> DE. Desviación estándar.

<sup>1</sup> P.F. Producción forrajera (Kg ha<sup>-1</sup>), T.C. Tasa de crecimiento (kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), Alt. Altura (cm), M.M. Material muerto (%), Hoja (%), Tallo (%), RHT. Relación hoja:tallo, RHNH. Relación hoja:no hoja (tallo + material muerto).

<sup>2</sup> 000. Sin nitrógeno, 125. 125 kg de N ha<sup>-1</sup>, 250. 250 kg de N ha<sup>-1</sup>, 375. 375 kg de N ha<sup>-1</sup>.

<sup>3</sup> Corte 1 (18 marzo-2005), Corte 2. (06-mayo-2005), Corte 3. (03-junio-2005)

<sup>4</sup> Semana 2. (14 días de crecimiento), Semana 4 (28 días de crecimiento)



El porcentaje de material muerto fue estadísticamente igual en ambos cultivares ( $P > .05$ ), sin embargo se observaron diferencias numéricas en esta variable con un valor del 2.81% mayor para la variedad diploide. Esta diferencia probablemente se debe a que los cultivares diploides tuvieron mayor crecimiento y por lo tanto, el porcentaje de tejido senescente tiende a incrementarse como consecuencia de la muerte de las hojas en los estratos inferiores de la pradera. (Velasco et al., 2002). Existió diferencia significativa ( $P < .05$ ) entre los cultivos en los valores de porcentaje de hojas, tallos y relación hoja:tallo. La variedad tetraploide presentó un porcentaje de hoja de 42.26%, en tanto para la variedad diploide fue de 40.36%. Para el porcentaje de tallos la variedad diploide presentó una mayor cantidad con un valor de 43.91%, lo que representa una diferencia del 3.78% superior en relación a la tetraploide. La relación hoja:tallo fue mayor en los cultivares tetraploides con un valor de 1.19 y 1.03 para los cultivares diploides ( $P < .05$ ). Como se mencionó anteriormente los cultivares tetraploides presentan hojas más grandes y anchas que los cultivares diploides, por lo que comúnmente se asocian con mayores tasas de acumulación de hojas verdes. Smit, (2006) menciona que los cultivares diploides tienen un porcentaje menor del 3 al 4% en la cantidad de hojas que las variedades tetraploides, mientras que la densidad de tallos siempre es mayor en las variedades diploides. Debido a esto la relación hoja:tallo generalmente es mayor en las variedades tetraploides, como lo muestran los resultados encontrados en este trabajo. Esto coincide con lo reportado por Gowen et al. (2003), quienes en dos años de estudio en ballico perenne encontraron mayor porcentaje de hojas en los cultivares tetraploides y mayor cantidad de tallos en las variedades diploides. Los valores promedios en cada

variedad fueron de 63.85 y 61.85% para hoja, 27.07% y 28.80 para tallos. Por lo tanto, la relación hoja:tallo tiende a ser mayor en cultivares tetraploides que diploides con promedios de 2.39 y 2.16 para cada variedad. La relación hoja:no hoja, en la mayoría de los casos se comporta de manera similar a la relación hoja:tallo, ya que generalmente disminuye a medida que aumenta la edad de la planta y la cantidad de material muerto se incrementa. Los resultados obtenidos nos muestran que existieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < .05$ ) con valor de 0.82 y 0.74 para las variedades tetraploide y diploide respectivamente.

El efecto del nivel de nitrógeno aplicado sobre los valores promedio de las dos variedades en estudio se muestra en el cuadro 1. Para la producción de forraje seco existió efecto significativo ( $P < .05$ ), el nivel que alcanzó la mayor producción fue el de 375 kg de N  $ha^{-1}$  con un valor de 1858.20 kg  $ha^{-1}$ . El resto de los tratamientos mostró un decremento lineal con 1654.19, 1336.20 y 936.48 kg de MS  $ha^{-1}$  para las dosis de 250, 125 y 000 kg de N  $ha^{-1}$  respectivamente. Diversos autores coinciden con el presente estudio, Lippke, (1999) indica que conforme se aumenta la cantidad de nitrógeno en ballico anual existe un incremento en la producción de materia seca. Marino et al. (2004) señalan que la producción de MS se incrementa al aumentar el nivel de fertilización nitrogenada, el valor mas alto para este parámetro fue de 6519 kg de MS  $ha^{-1}$  y se encontró con la aplicación de 250 kg de N  $ha^{-1}$ . Peñuñuri et al. (1980) mencionan que la producción de materia seca se incrementa al elevarse la dosis de N aplicado de 0 a 120 kg por corte, con rendimientos promedios por corte de 1.80 a 3.84 ton  $ha^{-1}$ . La tasa de crecimiento

presentó la misma tendencia que la variable anterior ( $P < .05$ ), el valor más alto de  $63.93 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  se encontró con la dosis de  $375 \text{ kg de N ha}^{-1}$  seguido por los tratamientos  $250, 125, 000 \text{ kg de N ha}^{-1}$  con las siguientes tasas de crecimiento  $51.11, 33.75$  y  $16.80 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . La aplicación de nitrógeno estimula el crecimiento de los forrajes, por lo que el ballico anual se fertiliza con altos niveles para asegurar un máximo rendimiento (Cabanillas et al., 1991). La tasa de crecimiento responde en forma positiva a la fertilización nitrogenada, Lippke et al. (2006) mencionan que el rendimiento en ballico anual se incrementa al incrementar la cantidad de nitrógeno aplicado de  $0$  a  $538 \text{ kg de N kg ha}^{-1}$ . Los niveles óptimos para el crecimiento están en el rango de los  $250$  a los  $315 \text{ kg ha}^{-1}$ , en dosis superiores la respuesta productiva son relativamente muy bajas y económicamente incosteables. Las aplicaciones de N que exceden de los  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  parecen exceder los requerimientos para el crecimiento de este forraje, tal como lo señalan Villers y Ryssen, (2001). De igual forma, el efecto de los tratamientos sobre los valores de altura presentaron diferencia significativa ( $P < .05$ ), la dosis de  $375 \text{ kg de N ha}^{-1}$  fue la que alcanzó mayor altura. Conforme se incremento el nivel de nitrógeno aplicado se observó un aumento en la altura de la planta, con los siguientes resultados  $16.58, 23.32, 30.10$  y  $32.82 \text{ cm}$  para  $000, 125, 250$  y  $375 \text{ kg de N ha}^{-1}$  respectivamente. La aplicación de nitrógeno favorece el vigor de la planta y es de esperarse un incremento en la altura e índice de crecimiento como respuesta a la mayor disponibilidad de N (Anderson, 1999). Resultados similares fueron reportados por Ehlig y Hagemann, (1982) al estudiar el efecto del nivel de nitrógeno sobre este mismo parámetro, la altura se incrementa en forma lineal de  $14.43$  a  $41.71 \text{ cm}$  al aumentar la dosis de

fertilización de 0 1120 kg ha<sup>-1</sup>. En el valle de Mexicali Rodríguez et al. (2002) encontraron que a medida que aumenta la fertilización nitrogenada incrementa la altura del ballico anual. La menor altura de 57.54 cm la obtuvieron con una fertilización de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, y la máxima de 66.04 cm con la aplicación de 300 kg de N ha<sup>-1</sup>. En el pasto elefante Faria et al. (1997) observaron un incremento lineal en la altura de la planta de 70.55 a 90.87 cm, al incrementar el nivel de nitrógeno de 0 a 450 kg ha<sup>-1</sup>. El aumento en la altura se considera una respuesta fisiológica del forraje, cuando hay cantidad suficiente de nitrógeno la planta tiene mayor vigor vegetativo, que se manifiesta por el aumento de velocidad de crecimiento, determinado por un aumento de volumen y peso. El nitrógeno en las plantas forma parte de todas las moléculas de proteínas y de los elementos que intervienen en procesos como la fotosíntesis y la respiración, por lo tanto mejora el metabolismo y su crecimiento (Rodríguez, 1982).

Por otro lado, se detectaron diferencias significativas ( $P < .05$ ) en el porcentaje de material muerto, el valor más alto se encontró con la dosis de 375 kg de N ha<sup>-1</sup>, aunque estadísticamente similar al tratamiento de 250 kg de N ha<sup>-1</sup>. Para los niveles 125 y 000 los resultados fueron 12.31 y 10.94%. Es de esperarse un incremento en la producción de material muerto, al incrementar la fertilización nitrogenada. El nitrógeno estimula una mayor acumulación de biomasa en el forraje, pero también mayores proporciones de tejido senescente por la muerte de hojas en el estrato inferior de la pradera. Las hojas presentes en los estratos superiores sombrean a las hojas de las capas inferiores y mueven hacia abajo el punto de compensación por luz. Estas hojas sombreadas eventualmente mueren,

por lo que la tasa de pérdida de tejido y material muerto se incrementa. Faria et al. (1997). mencionan que existe una tendencia en los componentes morfológicos hoja, tallo y material muerto a incrementar su rendimiento a medida que aumentan los niveles de fertilización nitrogenada, con incrementos de 94.0, 85.5 y 84.26% para los componentes hojas, tallo y material muerto en el pasto elefante. Igualmente, cuando existen deficiencias de este elemento la tasa de acumulación foliar es muy baja al igual que la cantidad de material muerto (Scheneiter y Rimieri, 2001). Respecto a la variable hoja la dosis 000 kg de N ha<sup>-1</sup> presentó el mayor rendimiento (P<.05) con un porcentaje 44.13%. Aunque estadísticamente similar se observó una disminución en el porcentaje de hoja al incrementar la fertilización nitrogenada con los valores 41.42, 39.72 y 39.89 % para las dosis 125, 250 y 375 kg de N ha<sup>-1</sup> respectivamente. En cuanto al porcentaje de tallos los resultados obtenidos indican que no existe efecto (P>.05) del nivel de fertilización. Sin embargo, el tratamiento que registró la mayor cantidad fue la dosis de 125 kg de N ha<sup>-1</sup> con un valor de 44.02%, seguido de los niveles 250, 375 y 000, con 43.67, 42.83 y 41.80% para cada tratamiento. En la relación hoja:tallo se detectaron diferencias significativas (P<.05), el nivel 000 kg de N ha<sup>-1</sup> obtuvo la mayor relación con 1.28. El resto de los tratamientos fueron estadísticamente similares con valores de 1.08, 1.02 y 1.06 para las dosis 125, 250 y 375 kg de N ha<sup>-1</sup>. La relación hoja:no hoja se comportó de manera semejante, el nivel 000 kg N ha<sup>-1</sup> presento un promedio mayor con 0.87 (P<.05). En los otros niveles de fertilización no existieron diferencias significativas con valores para los niveles 125, 250 y 375 N kg ha<sup>-1</sup> de 0.77, 0.75 y 0.74. Diversos autores indican que el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de hojas y tallo es variable. Urbano

(1997) utilizando tres niveles de nitrógeno (0, 150 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup>) en tres gramíneas (ballico perenne, kikuyo y bermuda) menciona que la fertilización nitrogenada no afectó la relación hoja:tallo en el ballico perenne, mientras que en bermuda y kikuyo la respuesta fue significativa en los niveles de 150 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup>. Con dosis mayores de 150 kg de N ha<sup>-1</sup> la relación hoja:tallo disminuye, excepto en el pasto bermuda que presentó una respuesta lineal positiva. Los incrementos en los niveles de fertilización nitrogenada aumentan la producción de materia seca en hojas y tallos en forma paralela por lo que relación hoja:tallo generalmente no se afecta (Thom y Prestidge, 1996). Bergareche y Simon (1989) al evaluar el efecto de fertilización nitrogenada en forraje bermuda con tres niveles 0, 250 y 1000 kg de N ha<sup>-1</sup> por año encontraron que la relación hoja:tallo disminuyó al aumentar el nivel nitrógeno con valores de 1.7, 1.46 y 1.54 para cada dosis. El mayor valor para la relación hoja:tallo obtenido en el nivel 0 tal vez se deba a una menor altura de la planta, como resultado de una disminución en la longitud de los tallos, a consecuencia de las deficiencias en elementos nutricionales que estimulen el crecimiento. Así mismo, Faria et al. (1997), señala que los incrementos en los niveles de fertilización nitrogenada no tienen efectos significativos en la relación hoja:tallo en el pasto elefante la cual obtuvo un valor promedio de 1.75.

Por otro lado los resultados indican que existieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre cortes para todas las variables evaluadas en este experimento. La producción de materia seca por hectárea disminuye linealmente al aumentar el número de cortes, con los siguientes valores 2191.60, 1838.12 y

309.03 kg de MS ha<sup>-1</sup> para los cortes uno, dos y tres respectivamente (P<.05). Estos resultados coinciden a los reportados por Lizárraga et al. (1980b) en Sonora quienes indican que la producción de materia seca en ballico anual disminuye a finales el ciclo de crecimiento aunque las condiciones de humedad y nutrientes sean las óptimas. En un periodo de cinco cortes (de enero a mayo) observó que la producción es menor en el primer corte, posteriormente se incrementa en los siguientes periodos para finalmente disminuir en el último corte, con rendimientos promedios que varían de 2.33 a 1.97 ton de MS ha<sup>-1</sup>. A partir del quinto corte, en el mes de junio, el ballico anual prácticamente deja de producir a causa del incremento en la temperatura. Respuestas similares son reportadas por Ehlig y Hagemann, (1982) en un trabajo realizado en el valle Imperial con ballico anual, donde observaron una disminución en el rendimiento de materia seca y altura de la planta en un ciclo productivo de diciembre a junio, con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. En el mes junio la producción de materia seca alcanza su valor más bajo, con un rendimiento de 0.5 ton ha<sup>-1</sup>, con niveles de fertilización tolerables para la alimentación del ganado. La tasa de crecimiento siguió una tendencia similar a la variable anterior con un promedio de 62.27, 48.11 y 13.81 kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> para los cortes uno, dos, y tres (P<.05). Como la tasa de crecimiento representa el rendimiento de kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> esta en relación directa con la producción de materia seca por hectárea, por lo que tiene un patrón de comportamiento similar a esta variable. La tasa de crecimiento en plantas de ballico anual disminuye o prácticamente muere en regiones de climas áridos en los meses de mayo y junio, como consecuencia del incremento del fotoperiodo y la temperatura. El rango óptimo para el crecimiento de esta gramínea esta entre

15/10°C -18/13°C (Hill y Person, 1985). En el valle de Mexicali, la producción prácticamente disminuye a finales del ciclo productivo, como consecuencia de un incremento en la temperatura tal como lo indican los resultados obtenidos en este trabajo. La altura de la planta de igual forma disminuyó al avanzar el ciclo de crecimiento con valores para los cortes uno, dos, y tres de 35.37, 25.06 y 16.68 cm ( $P<.05$ ). En relación a los componentes morfológicos los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de material muerto se incrementa al avanzar la ciclo productivo de esta gramínea ( $P<.05$ ) con valores de 9.7, 13.36 y 18.93% para los cortes uno, dos y tres respectivamente. El porcentaje de hojas disminuye mientras que el de tallos se incrementa conforme aumenta la edad de la planta, los resultados obtenidos para estas variables son los siguientes 51.55, 46.59 y 25.73% para hoja, 33.48, 40.00 y 55.78% para tallo en los cortes uno, dos y tres ( $P<.05$ ). Por lo tanto, existen diferencias ( $P<.05$ ) en la relación hoja:tallo entre cortes; se encontró que esta disminuye al avanzar el desarrollo fenológico de la planta con un promedio de 1.64, 1.22 y 0.47 para los cortes uno, dos y tres. La relación hoja:no hoja se observa que presentó un comportamiento similar a la relación hoja:tallo. Bruinenberg et al. (2001) mencionan que conforme avanza el ciclo productivo del forraje, el porcentaje de hojas disminuye y el de tallos se incrementa, por lo que la relación tallo hoja se reduce. Así mismo, Pérez et al. (2002) indican que con el transcurso del tiempo, la planta presenta un estado más avanzado de madurez, y por lo tanto mayor aporte de elementos estructurales, de tal manera que a medida que avanza el desarrollo fenológico la proporción de tallos y material muerto tiende a incrementarse y el de hojas a disminuir, lo que afecta negativamente la relación hoja:tallo y hoja:no hoja. En ballico perenne



Velasco et al. (2002) encontró que relación hoja:tallo y hoja:no hoja presenta sus valores más bajos inmediatamente después del corte de uniformización, posteriormente aumentan en forma continua hasta alcanzar un nivel de equilibrio conforme la biomasa de hojas se estabiliza. Después de alcanzar su valor máximo tienden a disminuir en forma progresiva hasta el final del periodo productivo, a consecuencia del aumento en la biomasa de tallos y material muerto.

Asimismo, existió diferencias significativas ( $P < .05$ ) para todas las variables evaluadas por efecto de la semana de corte. Como era de esperarse la producción de materia seca, tasa de crecimiento y altura de la planta se incrementan con la edad de rebrote de la semana dos a la semana cuatro. El rendimiento de materia seca fue más alto cuando se cortó a las cuatro semanas con una producción de  $1810 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ , que cuando se cosechó a las dos semanas donde la producción fue de  $1082.22 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ . Resultados similares se obtuvieron en la tasa de crecimiento diaria, ya que fue menor al cortar a las dos semanas, como lo muestran los valores obtenidos (cuadro 1). La TC diaria fue de  $30.80$  y  $52.00 \text{ kg de MS ha}^{-1}$  para la semana dos y cuatro respectivamente. De igual forma la altura de la planta se incrementa al aumentar el periodo de corte, de  $19.88 \text{ cm}$  en la semana dos a  $31.54 \text{ cm}$  en la semana cuatro. Esto coincide a lo encontrado por Duhalde (2002) quien señala que la producción de materia seca y la tasa de crecimiento en ballico anual se incrementan significativamente después de la defoliación, hasta alcanzar un valor máximo y posteriormente disminuir. En intervalos de muestreos de 14 días la tasa de crecimiento se incrementó en forma lineal de  $17.4 \text{ kg de MS ha}^{-1}$  hasta un nivel máximo  $57.5 \text{ kg de MS ha}^{-1}$ . El

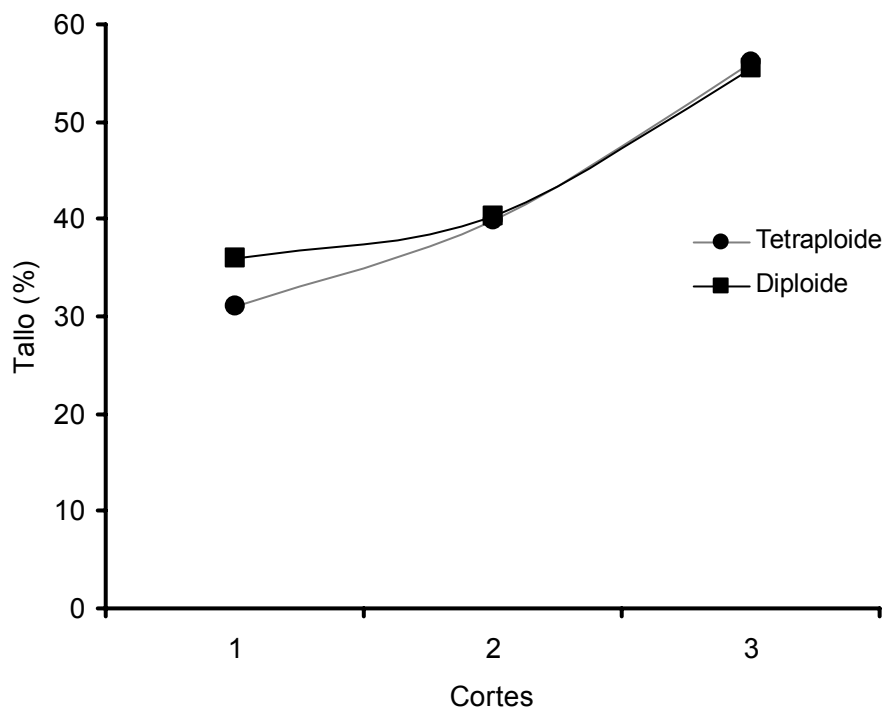
principal efecto de la defoliación sobre el crecimiento y rendimiento de los forrajes es la reducción de la tasa fotosintética por la disminución del índice del área foliar. Pero a medida que la planta crece, aumenta proporcionalmente el índice de área foliar con la formación de nuevos tallos y hojas, por lo tanto el crecimiento se incrementa con la síntesis de nuevos tejidos. Esta respuesta es lógica, debido a que en las primeras fases de desarrollo su crecimiento es lento, después aumenta su capacidad de desarrollo a medida que la pradera se establece y se incrementa la producción de hojas y tallo. (Nelson, 1995; Millar y Stritzke, 1995). De igual forma, Hodgson (1979) menciona que el crecimiento del forraje implica el desarrollo e incremento en tamaño y en peso de tejido nuevo, tanto en tallos como en hojas. El material muerto se incrementó con la edad de rebrote, con 13.06 % para la semana dos y 14.94% para la semana cuatro ( $P < .05$ ). La mayor cantidad de material muerto en la semana cuatro pudo deberse a que las plantas produjeron un rendimiento mayor de materia seca y crecieron 11.66 cm más que las plantas de la semana dos, además se menciona que la pérdida de biomasa por senescencia y descomposición aumentan con edad de rebrote en forrajes templados. Después de la defoliación la tasa de producción de materia seca y la tasa de senescencia son lentas, posteriormente se incrementan conforme el crecimiento del forraje se acelera (Hernández et al., 1997). Para las variables hoja y tallo existió diferencia significativa ( $P < .05$ ) entre las semanas de corte. El porcentaje de hojas disminuyó 17.46% y el tallos se incrementó 17.22% conforme avanzó la edad de rebrote de la semana dos a la semana cuatro, por lo tanto la relación hoja:tallo y la relación hoja:no hoja disminuyeron con la edad de corte con valores de 1.32 y 0.90 en la semana dos, y 0.90 y 0.65 en la semana cuatro. La

mayor relación hoja:tallo, al igual que la hoja:no hoja generalmente coinciden con el tiempo en el que se producen la mayor cantidad de biomasa de hojas verdes en la pradera y en este caso se presentó en la segunda semana de crecimiento. La producción de biomasa aérea de tallos y material muerto, están correlacionados de manera positiva con el incremento de la edad de rebrote de la planta, lo cual favorece una disminución en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja, durante los diferentes estadios de crecimiento. La cinética de crecimiento de las hojas implica un desarrollo que inicialmente depende del índice de área foliar, y que aumenta con el tiempo hasta alcanzar un valor máximo. Posteriormente, con la edad de rebrote, la biomasa de hojas disminuye a consecuencia del incremento del porcentaje de material muerto y tallos (Velasco 2001)

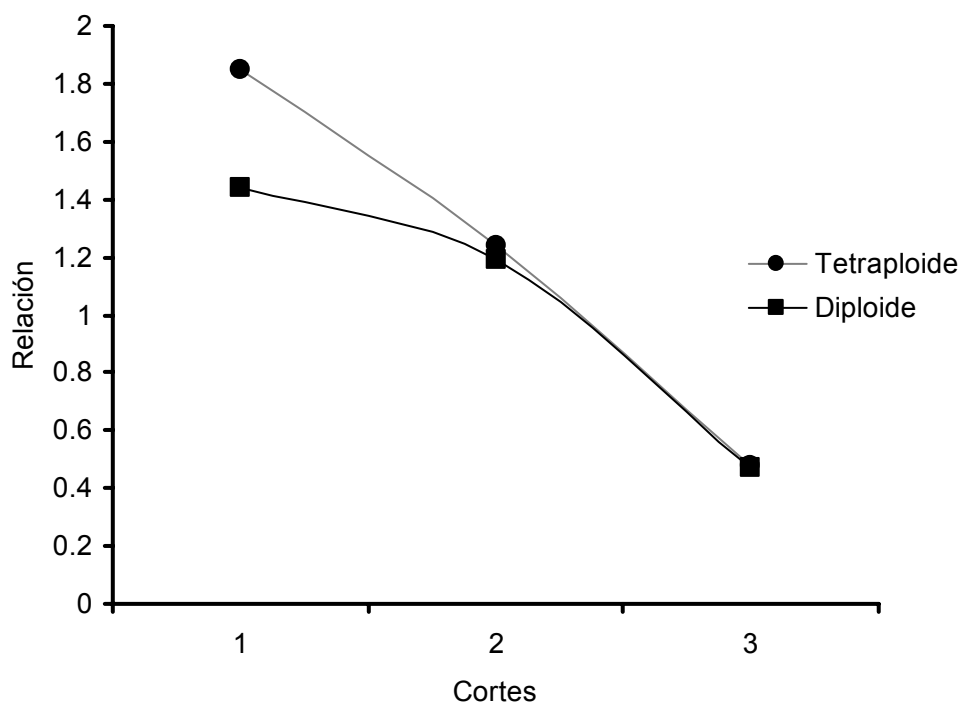
### **Interacciones**

La interacción variedad x corte no fue significativa ( $P > .05$ ) en las variables evaluadas en este experimento. Los dos cultivares respondieron de manera muy similar a la aplicación de nitrógeno. Por otro lado, la interacción variedad x corte fue significativa ( $P < .05$ ) solamente para las variables de tallo y relación hoja:tallo. El porcentaje de tallos en el primer corte fue mayor en la variedad diploide, pero al avanzar el ciclo de producción se observó que el valor de esta variable tendió a ser muy similar en los dos cultivares (figura 1). Del corte uno al corte dos, se presentó un incremento en la producción de tallos del 9.52% mayor para la variedad tetraploide. Este comportamiento tal vez se deba a que las variedades tetraploides son más sensibles a las condiciones ambientales y de manejo, por lo que responden en forma negativa al aumentar el número de cortes (Heath et al.,

1985). Igualmente la relación hoja: tallo se redujo en mayor proporción en la variedad tetraploide del corte uno al corte dos. A partir del corte dos, la respuesta fue muy semejante en los dos cultivares (figura 2).



**Figura.1. Interacción variedad x corte para porcentaje de tallo**



**Figura 2. Interacción variedad x corte para relación hoja:tallo.**

La interacción dosis x corte fue significativa ( $P < .05$ ) para las siguientes variables: hoja, tallo, relación hoja:tallo y relación hoja: no hoja. El comportamiento de los componentes morfológicos en las dos variedades de ballico anual en respuesta a la aplicación de nitrógeno fue muy variable, sin embargo la respuesta al incremento en el número de cortes siguió la tendencia clásica del crecimiento del forraje. En el primer corte el porcentaje de hojas fue mayor para el nivel cero y el valor más bajo para la dosis de  $125 \text{ kg de N ha}^{-1}$ . Como era de esperarse, para el corte dos el porcentaje disminuyó, aunque fue muy similar en las cuatro dosis evaluadas (figura 3). Finalmente, en el corte tres, la disminución en la cantidad de hojas fue mayor para los niveles más altos de fertilización nitrogenada. El porcentaje de tallos se comporta de manera inversa a la producción de hojas, al

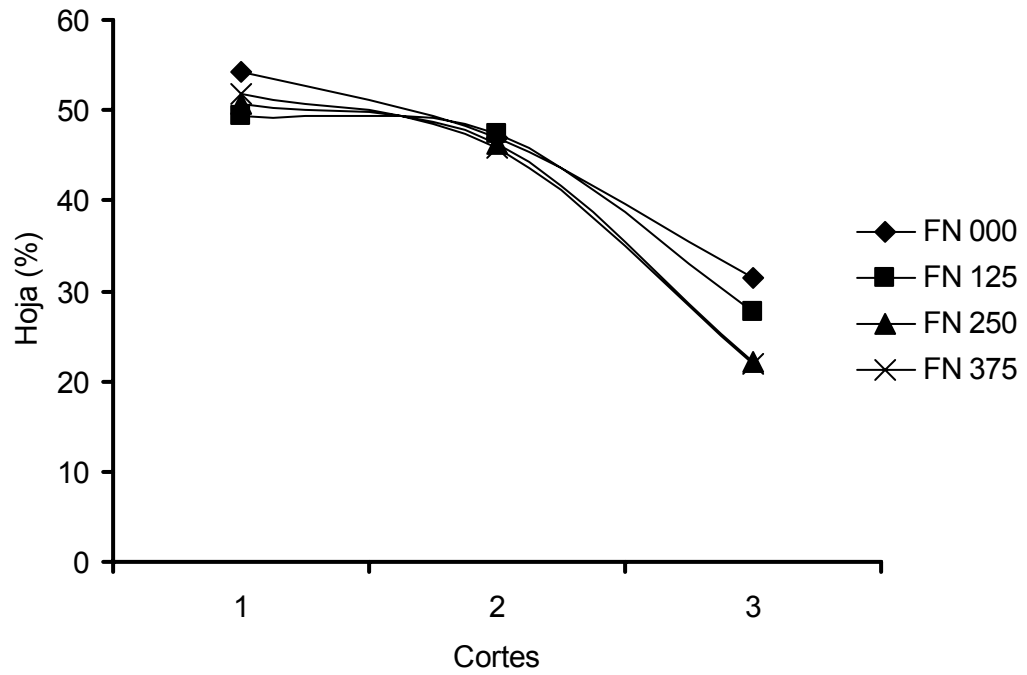


Figura 3. Interacción dosis x corte para porcentaje de hoja.

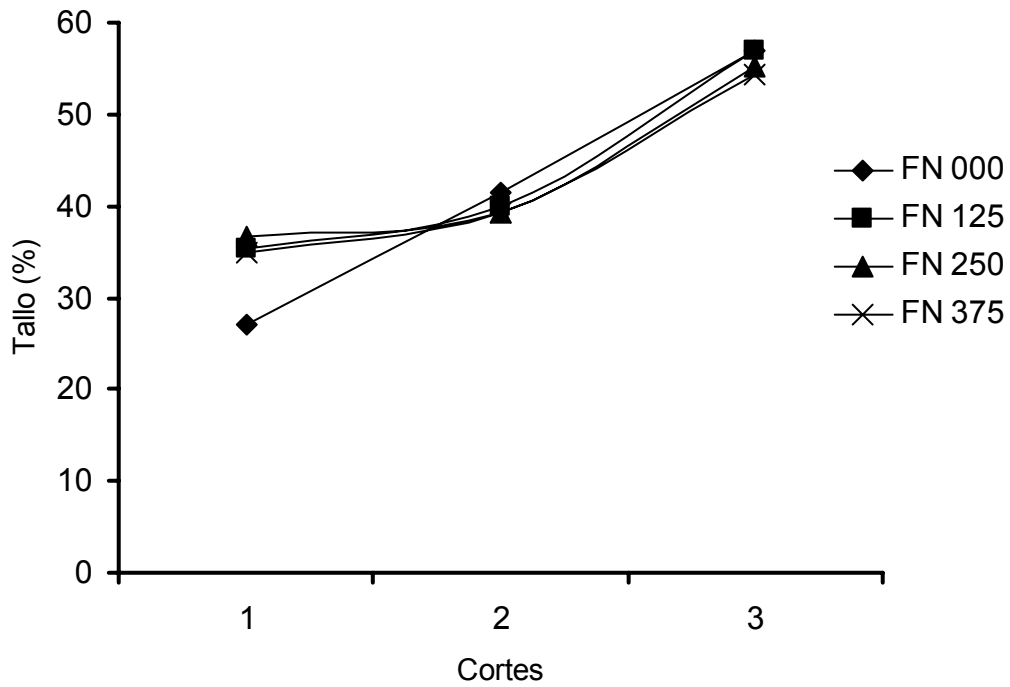
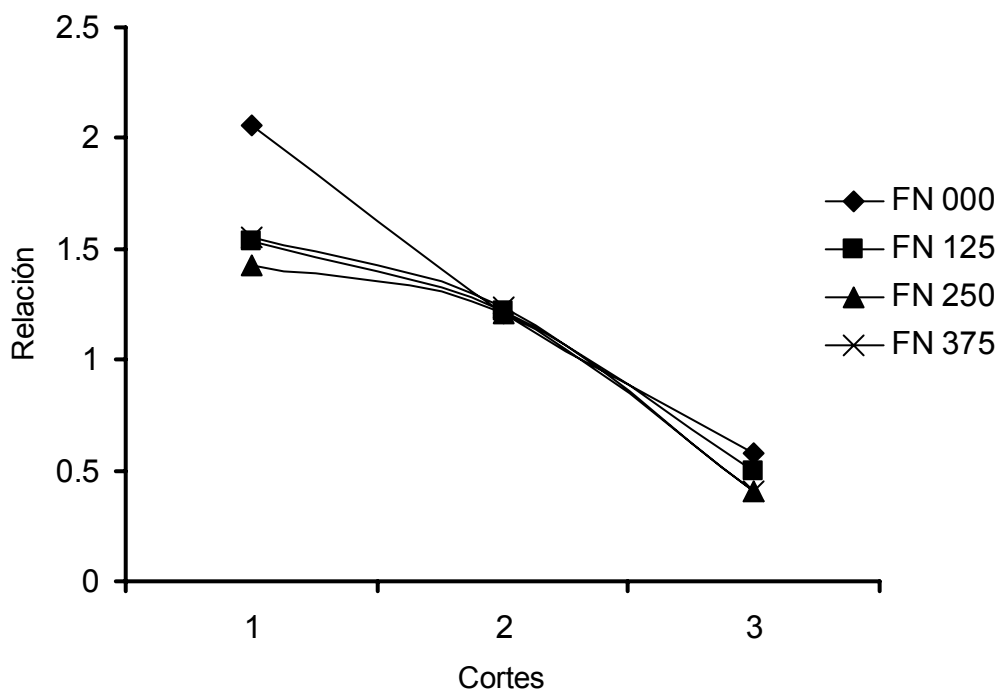
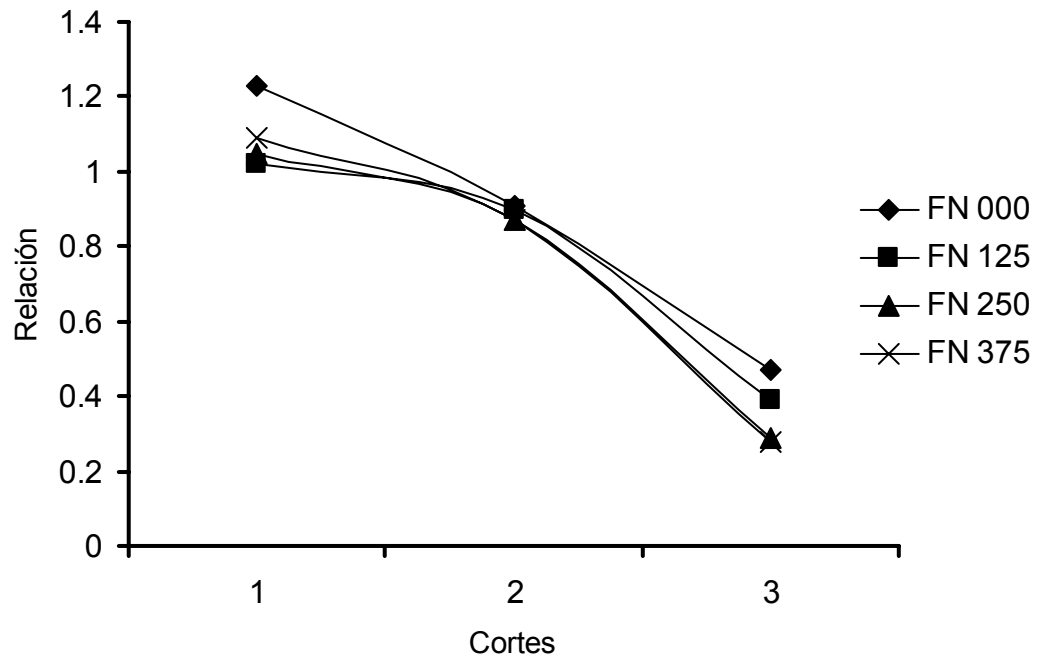


Figura 4. Interacción dosis x corte para porcentaje de tallo.

avanzar el número de cortes, pero de igual forma su comportamiento fue muy variable en respuesta a la aplicación de nitrógeno (figura 4). Por lo tanto la relación hoja:tallo y hoja:no hoja disminuyen con el número de cortes, sin que exista un efecto bien definido como resultado de las dosis estudiadas (figuras 5 y 6). Al respecto, Bruinenberg et al. (2001) señalan que uno de los principales factores que afecta los componentes morfológicos del forraje es la edad de la planta, 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. De igual forma, Bartholomew y Chestnutt, (1978) mencionan que la relación hoja:tallo se ve alterada significativamente por la duración del periodo de crecimiento, y que la aplicación de nitrógeno no tiene ningún efecto significativo sobre esta variable.



**Figura 5. Interacción dosis x corte para relación hoja:tallo.**



**Figura 6. Interacción dosis x corte para relación hoja:no hoja.**



## Composición química

Los resultados del efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición química de las dos variedades evaluadas se muestran en el cuadro 2. Existió efecto significativo ( $P < .05$ ) de los tratamientos sobre todas las variables de composición química excepto para PC. El contenido de materia seca fue mayor en la variedad diploide con un promedio de 92.77%, mientras que en los cultivares tetraploides dicho valor fue de 92.35%. Duthil (1980) menciona que las variedades diploides tienen un contenido mayor de materia seca del 1 al 2 %, lo cual coincide a lo encontrado por Tabacco et al. (2004) en ballico anual fresco, quienes mencionan que los cultivares diploides tienen en promedio un contenido de MS de  $20 \text{ g kg}^{-1}$  mayor que las variedades tetraploides. Kammerl et al. (1991) reportan que los cultivares diploides se caracterizan por tener mayor contenido de materia seca por corte y un periodo de secado más corto que las variedades tetraploides. El porcentaje de ceniza fue estadísticamente diferente entre cultivares ( $P < .05$ ) con un promedio de 12.19% para la variedad tetraploide y 11.70% para la diploide. Esto difiere a lo encontrado por O'Donovan y Delaby (2005) en ballico perenne quienes mencionan que no existen diferencias significativas en el contenido de cenizas para cultivares diploides y tetraploides con promedios de 9.25 y 9.28% para cada nivel de ploidía. De igual forma Gowen et al. (2003), reportan que no existen diferencias significativas entre variedades para el contenido de cenizas. Por otro lado, se detectaron diferencias significativas ( $P < .05$ ) en el contenido de materia orgánica, el valor más alto correspondió a la variedad diploide con un promedio de 81.07%, mientras que en la variedad tetraploide el valor obtenido fue de 80.15%. Los resultados de proteína cruda nos indican que no existen

diferencias significativas ( $P > .05$ ) entre variedades promediando 13.34 y 13.29% para ballico tetraploide y diploide respectivamente. Resultados similares fueron reportados en ballico anual Oregon y tetraploide común por Flores et al. (1982), quienes mencionan que los contenidos de PC fueron estadísticamente iguales para ambas variedades promediando 25.5 y 23.4% para cada cultivar. Así mismo, Balasko et al. (1995) señalan que los cultivares tetraploides tienen un contenido de PC ligeramente mayor que los cultivares diploides con un promedio de 18.20 y 18.16% para cada variedad durante un ciclo de crecimiento de diciembre a mayo en ballico anual. De igual forma reportan que el nivel de ploidía afecta el contenido de FDN, con un valor de 43.23 y 47.20% para la variedad tetraploide y diploide respectivamente. Estas diferencias entre cultivares probablemente se debe a que las variedades tetraploides tienden a maduran más tarde que las diploides durante el ciclo productivo. Esto coincide con los resultados encontrados en este trabajo, donde se observaron diferencias significativas ( $P < .05$ ) entre cultivares para el contenido de FDN, con valores promedios de 44.31 y 45.21% para la variedad tetraploide y diploide. Además, los cultivares tetraploides tienen una menor relación pared celular-contenido celular, es decir las plantas tetraploides tienen menor contenido de pared celular por unidad de peso, mayor contenido de carbohidratos solubles y por lo tanto una menor porcentaje de fibra y mayor digestibilidad (Evans, 1966). En otra investigación con ballico perenne y diferentes niveles de ploidía, Jensen et al. (2003) mencionan que los cultivares tetraploides son más digestibles con mayores concentraciones de PC y menor porcentaje de FDN que las variedades diploides.

**Cuadro 2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición química en dos variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*) en el valle de Mexicali**

	<b>Variables <sup>1</sup></b>				
	<b>M.S ± DE *</b>	<b>Ceniza ± DE</b>	<b>M.O ± DE</b>	<b>P.C ± DE</b>	<b>F.D.N ± DE</b>
<b>Variedad</b>					
Tetraploide	92.35 <sup>b</sup> ± 0.2	12.19 <sup>a</sup> ± 0.2	80.15 <sup>b</sup> ± 0.3	13.34 <sup>a</sup> ± 0.7	44.31 <sup>b</sup> ± 1.3
Diploide	92.77 <sup>a</sup> ± 0.1	11.70 <sup>b</sup> ± 0.2	81.07 <sup>a</sup> ± 0.3	13.29 <sup>a</sup> ± 0.8	45.21 <sup>a</sup> ± 1.3
<b>Dosis <sup>2</sup></b>					
000	92.49 <sup>a</sup> ± 0.3	10.39 <sup>d</sup> ± 0.2	82.09 <sup>a</sup> ± 0.3	7.16 <sup>d</sup> ± 0.2	45.76 <sup>a</sup> ± 1.9
125	92.73 <sup>a</sup> ± 0.2	11.61 <sup>c</sup> ± 0.2	81.11 <sup>b</sup> ± 0.4	11.29 <sup>c</sup> ± 0.7	45.09 <sup>b</sup> ± 1.9
250	92.57 <sup>a</sup> ± 0.3	12.44 <sup>b</sup> ± 0.3	80.12 <sup>c</sup> ± 0.5	16.18 <sup>b</sup> ± 0.6	44.25 <sup>c</sup> ± 1.9
375	92.45 <sup>a</sup> ± 0.2	13.33 <sup>a</sup> ± 0.3	79.11 <sup>d</sup> ± 0.5	18.63 <sup>a</sup> ± 0.7	43.96 <sup>c</sup> ± 1.8
<b>Corte <sup>3</sup></b>					
1	91.20 <sup>c</sup> ± 0.1	12.04 <sup>b</sup> ± 0.4	79.15 <sup>c</sup> ± 0.4	14.91 <sup>a</sup> ± 0.9	37.67 <sup>c</sup> ± 1.0
2	92.53 <sup>b</sup> ± 0.2	12.52 <sup>a</sup> ± 0.2	80.01 <sup>b</sup> ± 0.3	13.81 <sup>b</sup> ± 1.0	44.13 <sup>b</sup> ± 1.2
3	93.94 <sup>c</sup> ± 0.1	11.27 <sup>c</sup> ± 0.2	82.67 <sup>a</sup> ± 0.2	11.22 <sup>c</sup> ± 0.8	52.49 <sup>a</sup> ± 1.5
<b>Semana <sup>4</sup></b>					
2	91.99 <sup>b</sup> ± 0.2	12.03 <sup>a</sup> ± 0.2	79.96 <sup>b</sup> ± 0.3	15.29 <sup>a</sup> ± 0.8	38.07 <sup>b</sup> ± 0.7
4	93.12 <sup>a</sup> ± 0.2	11.86 <sup>b</sup> ± 0.3	81.26 <sup>a</sup> ± 0.4	11.35 <sup>b</sup> ± 0.6	51.46 <sup>a</sup> ± 1.0

<sup>a, b, c, d</sup> Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey > 0.05)

\* DE. Desviación estándar.

<sup>1</sup> M.S. Materia seca (%), Ceniza (%), M.O. Materia orgánica (%), P.C. Proteína cruda (%), F.D.N. Fibra detergente neutro (%).

<sup>2</sup> 000. Sin nitrógeno, 125. 125 kg de N ha<sup>-1</sup>, 250. 250 kg de N ha<sup>-1</sup>, 375. 375 kg de N ha<sup>-1</sup>.

<sup>3</sup> Corte 1 (18 marzo-2005), Corte 2. (06-mayo-2005), Corte 3. (03-junio-2005)

<sup>4</sup> Semana 2. (14 días de crecimiento), Semana 4 (28 días de crecimiento)

El cuadro 2 se muestra el efecto de las dosis de N aplicado sobre la composición química promedio general de las dos variedades de ballico anual (tetraploides y diploides). Los resultados obtenidos indican que no existe efecto de los tratamientos ( $P > .05$ ) en el contenido de materia seca. Sin embargo el tratamiento que registró la mayor cantidad fue la dosis de 125 kg de N  $ha^{-1}$  con un promedio de 92.73%, en el resto de los tratamientos los valores obtenidos fueron los siguientes 92.57, 92.49 y 92.45% para los niveles 250, 000 y 375 kg de N  $ha^{-1}$  respectivamente. Por otro lado se detectaron diferencias significativas ( $P < .05$ ) en el contenido cenizas por efecto de fertilización nitrogenada, la dosis 000 kg de N  $ha^{-1}$  presento el porcentaje más bajo con promedio de 10.39%. Este valor aumentó en forma lineal al incrementar el nivel de nitrógeno con los siguientes resultados 11.61, 12.44 y 13.33% para los tratamientos 125, 250 y 375 kg de N  $ha^{-1}$ . Lizárraga et al. (1975) reportan que el contenido de ceniza se incrementa de 13.38 a 14.89% al incrementar el nivel de fertilización nitrogenada de 0 a 60 kg de N entre cortes. Esto coincide ha lo encontrado por Ehlig y Hagemann (1982) quienes mencionan que la concentración de ceniza se incrementa en este forraje, al aumentar la dosis de N  $ha^{-1}$ . En el presente estudio, a medida que se incrementó la cantidad de nitrógeno por hectárea el contenido de materia orgánica disminuyó en forma significativa ( $P < .05$ ) tal como los muestran los datos del cuadro 2. Una disminución en el contenido de MO, al aumentar la aplicación de nitrógeno por hectárea, se relaciona con el incremento en el porcentaje de ceniza en respuesta a la fertilización nitrogenada, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Van Vuuren et al. (1992) con ballico perenne, donde el contenido de materia orgánica disminuyó al incrementar el nivel de fertilización nitrogenada de

275 a 500 kg de N ha<sup>-1</sup> por año con promedios de 88.4 y 87.6% para cada dosis. En tanto Peyraud et al. (1997) mencionan que el contenido de MO disminuye de 92.5 a 90.6% al incrementar el nivel de fertilización nitrogenada de 0 a 80 kg de N por corte en ballico perenne. Respecto al contenido de PC, se encontró diferencia estadísticamente significativa (P<.05) entre los tratamientos, como puede observarse en el cuadro 2. El promedio menor de 7.16% fue para el nivel de 000 kg de N ha<sup>-1</sup>, el resto de los tratamientos mostró una tendencia lineal en el porcentaje de este nutriente al aumentar la cantidad de nitrógeno aplicado con un valor máximo de 18.63% para dosis de 375 kg ha<sup>-1</sup>. Marino et al. (2004) en ballico anual reportan resultados similares, sin aplicación de fertilizantes en dos años de estudio obtuvo un promedio de 9.12% de PC, mientras que con la utilización de 250 kg de N ha<sup>-1</sup> este promedio se elevó a 22.43%. Esto coincide a lo encontrado por Zhang et al. (1995) en ballico anual, quien mencionan que la concentración de N en la planta parece ser directamente proporcional a los niveles de fertilización aplicados. El rendimiento de nitrógeno en la planta se incrementó en un 75% en forma adicional, por cada 100 kg de N ha<sup>-1</sup> que se aplicó. De igual manera, Peñuñuri et al. (1982) al evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de PC del ballico anual fresco en el estado de Sonora encontraron un efecto similar. Al incrementar la aplicación de nitrógeno de 0 a 120 kg por corte el contenido de PC aumentó de 8.8 a 14.9%. Ehlig y Hagemann (1982) en el valle Imperial observaron el mismo comportamiento, la cantidad de PC se incrementa conforme se aumenta el nivel de fertilización nitrogenada en ballico anual.

En el contenido de FDN puede observarse que existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los niveles de fertilización nitrogenada. El valor más alto fue para el tratamiento sin fertilizar con un promedio de 45.76%, seguido del nivel 125 kg de N ha<sup>-1</sup> con un porcentaje de 45.09%. Los tratamientos restantes fueron estadísticamente iguales, sin embargo la dosis de 250 fue numéricamente mayor que el nivel de 375 kg de N ha<sup>-1</sup>. La porción fibrosa del ballico anual tiende a disminuir al incrementar los niveles de fertilización nitrogenada (Lippke, 1999), tal como lo confirma Zhang et al. (1995) quienes señalan que el contenido de FDN disminuye de 44.2 a 38.6% al incrementar la cantidad de nitrógeno aplicado de 0 a 224 kg ha<sup>-1</sup>. Van Vuuren et al. (1992) en ballico perenne observaron una disminución en el porcentaje de FND al incrementar la cantidad de nitrógeno aplicado en dos periodos de corte junio-julio y septiembre-octubre, con un promedio de 35.2% para el tratamiento de 500 kg de N ha<sup>-1</sup> por año y 40.35% para la dosis de 275 kg de N. Otros autores reportan que no hay respuesta significativa en el porcentaje de FDN, por efecto de la fertilización nitrogenada, Valk et al. (1996) con tres tratamientos 150, 300 y 450 kg de N ha<sup>-1</sup> en ballico perenne, señalan que no existe diferencias muy marcadas en el contenido de FDN, pero si una respuesta positiva en concentración de proteína cruda. Partida (2003), en ballico anual no encontró diferencias significativas por efecto de la aplicación de nitrógeno sobre los valores promedios de FDN, con seis niveles de fertilización. El mayor y menor porcentaje de FDN lo registraron las dosis 200 y 350 kg N ha<sup>-1</sup> con un valor de 42.91 y 41.60% respectivamente.

Así mismo, el cuadro 2 nos indica que existió diferencia significativa ( $P < .05$ ) para todas las variables de composición química por efecto del periodo de corte. Como era de esperarse el contenido de materia seca se incrementó en el forraje al avanzar el ciclo productivo con valores de 91.20, 92.53 y 93.94% para el corte uno, dos y tres respectivamente. Esto coincide a lo encontrado por Tabacco et al. (2004) quienes mencionan que el contenido de materia seca en ballico anual fresco se incrementa conforme avanza la etapa de desarrollo con valores de 10.1 a 32.6% durante el ciclo de crecimiento. Por otro lado, se detectaron diferencias significativas ( $P < .05$ ) en el contenido de cenizas, los resultados nos muestran un incremento de 12.04 a 12.52% del corte uno al corte dos, para finalmente disminuir en el corte 3 con un valor promedio de 11.27%. Para el contenido de materia orgánica se observó que se incrementa al avanzar el ciclo de desarrollo con promedio de 79.15, 80.01 y 82.67% para los cortes uno, dos y tres respectivamente. Esto coincide a lo encontrado por Partida (2003), quien menciona que el contenido de materia orgánica se incrementa al avanzar ciclo productivo en ballico anual, en el Valle de Mexicali, en un periodo de 4 cortes la MO se incrementó de 73.70 a 80.68%, con valores intermedios de 74.40 y 74.69% para los cortes dos y tres, asimismo reporta que el porcentaje de ceniza se incrementa de 16.82 a 17.85 del corte uno al corte dos, para posteriormente disminuir en el corte cuatro, donde obtuvo un promedio de 11.99%. De igual forma Cervantes et al. (2000) señalan que el contenido de materia orgánica se incrementa al avanzar el ciclo de pastoreo para esta gramínea. Considerando tres periodos de corte, temprano, intermedio y tardío encontraron los siguientes valores 90.3, 93.6 y 94.6% para cada estadio de desarrollo.

Para proteína cruda se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < .05$ ) entre cortes, tal como se observa en el cuadro 2. El contenido de PC disminuyó conforme avanzó el ciclo de desarrollo, el promedio más alto fue para el primer corte con un valor de 14.91%, seguido de los cortes dos y tres, donde el contenido de PC fue de 13.81 y 11.22%. Esto coincide a lo reportado por Redfearn et al. (2002), quienes mencionan que la calidad nutritiva del ballico anual tiende a disminuir conforme avanza la etapa de crecimiento. En un ciclo productivo de diciembre a mayo encontraron que el porcentaje de proteína cruda disminuyó de 26.6 a 12.0%. Asimismo Lizárraga et al. (1980) en un periodo de siete cortes cada cuatro semanas, señalan que el contenido de proteína cruda en ballico anual disminuye linealmente al avanzar los periodos de corte, de 26.6% en el corte uno a 9.8% en el corte siete. De igual forma Balasko et al. (1995) reportan que el contenido de proteína disminuye al aumentar el ciclo de desarrollo; en un periodo de diciembre a mayo el porcentaje de PC varía de 24.85 a 13.95%. 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. (Zhang et al., 1995). En cuanto al contenido de FDN, como era de esperarse se incrementa de manera significativa ( $P < .05$ ) al avanzar la etapa de crecimiento, con valores de 37.67, 44.13 y 52.49% para los cortes uno, dos y tres respectivamente. Esto coincide a lo encontrado por Partida (2003), en forraje ballico anual quien reporta que el contenido de FND es menor en las primeras etapas de crecimiento y se incrementa de 32.13 a 53.91%, en un periodo de cuatro cortes. Asimismo, Cervantes et al. (2000) mencionan incrementos en la concentración de FDN, al avanzar el ciclo de pastoreo de esta



gramínea, con valores de 56.1% en el mes de febrero, 59.9% en el mes de marzo y 62.0% para el mes de mayo. Ambos estudios mencionados con anterioridad se realizaron en el valle de Mexicali. Otros autores han encontrado resultados similares Redfearn et al. (2002) al evaluar diferentes variedades de ballico anual encontraron que la concentración de FDN se incrementa de 39.0 a 58.1% al avanzar el desarrollo fenológico de este forraje, tal como lo señala Balasko et al. (1995), quienes mencionan que la concentración de FDN representa el 30% de la materia seca total en las primeras etapas de crecimiento y se incrementa hasta en un 60% al final del ciclo productivo. El incremento de FDN generalmente se asocia con la pérdida de contenido celular por la maduración de la planta y a la mayor concentración de lignina, por lo que existe una relación inversa significativa entre la etapa de madurez y el contenido de FDN (Jung, 1989). Además se menciona que la disminución en la concentración de PC y el incremento de FDN coincide con una reducción en la relación hoja:tallo al avanzar el ciclo productivo, ya que las hojas tienen mayor concentración de proteína y menor porcentaje de FDN en relación a los tallos. Esto concuerda a los resultados encontrados en este trabajo, donde observamos una reducción en el porcentaje de hojas y un incremento en la producción de tallos conforme aumento el número de cortes.

Para semana de corte se encontraron diferencias significativas ( $P < .05$ ) para todas las variables de composición química (cuadro 2). El contenido de materia seca se incrementa, al aumentar los días de rebrote de 91.99 a 93.12% de la semana dos a la semana cuatro. En ballico perenne, Chilibroste et al. (2000) reportan un aumento en el contenido de materia seca, al incrementarse los días de

rebrote en forraje fresco. Al cortar a los 16 días el contenido de MS fue de 15.07% y se incrementó a 19.97% cuando el corte lo realizó a los 30 días de crecimiento. Por otro lado, el porcentaje de cenizas disminuye de 12.03 a 11.86% entre la semana dos y cuatro, mientras que el contenido de materia orgánica se incrementa con la edad de rebrote con valores de 79.96 y 81.26% para la semana dos y cuatro respectivamente. Chaves et al. (2006) encontraron que existe un efecto lineal negativo entre los días de rebrote y el contenido de cenizas en ballico perenne. En tanto Delagarde et al. (2000) en un experimento con ballico perenne durante los meses de mayo, junio y octubre encontraron que el contenido de materia orgánica se incrementa con la edad de rebrote. En los meses de mayo y junio el contenido de materia orgánica aumentó en promedio  $2 \text{ g kg}^{-1}$  de MS por día, mientras que en octubre no se observaron cambios significativos. Igualmente, observamos una disminución estadísticamente significativa ( $P < .05$ ) en el contenido de proteína al avanzar la edad de rebrote, con valores promedios de 15.29 y 11.35% para la semana dos y cuatro. Las cantidades obtenidas en este experimento coinciden los resultados encontrados por Zhang et al. (1995), quienes mencionan que el contenido de N en la planta disminuye al avanzar la edad de rebrote. Al cortar a las dos semanas encontró que el valor obtenido para el nitrógeno total fue de 4.8% (PC, 30.0%), mientras que al cortar a las seis semanas esta porcentaje disminuyó a 3.22% (PC, 20.1%). Chilbroste et al. (2000) en ballico perenne encontraron la misma tendencia, al cortar a los 16 y 30 días de rebrote el contenido de nitrógeno del forraje disminuyó de 43.5 (27.18% de PC) a  $29.0 \text{ g kg}^{-1}$  de MS (18.12% de PC). La pérdida significativa de nitrógeno en la planta a partir de los 16 días de rebrote pudo haber sido por un incremento en la proporción de

tallos o a una disminución en el contenido de N en hojas y tallos. Inversamente, el contenido de FDN se incrementa significativamente ( $P < .05$ ) al avanzar la edad de rebrote. En la semana dos se obtuvo un promedio de 38.07%, el cual se incrementó a 51.46% en la semana cuatro. Estos resultados coinciden a los reportados por Zhang et al. (1995), quienes observaron un aumento en la concentración de FND al incrementar el intervalo de defoliación de 2 a 6 semanas con valores promedios de 27.8 y 43.2% para cada periodo de corte. Resultados similares encontró Chilbroste et al. (2000) en ballico perenne, el contenido de FDN se incremento linealmente conforme avanzaron los días de rebrote. Al cortar a los 16 días de edad encontraron un porcentaje de FDN de 44.44%, el cual se elevó a 53.19% a los 30 días de crecimiento.

### **Interacciones**

Para la interacción variedad x dosis y variedad x corte no se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas en este experimento, las dos variedades respondieron de manera fue semejante por efecto de la aplicación de nitrógeno y el número de cortes ( $P > .05$ ). Únicamente, la interacción dosis x corte fue significativa para las variables de materia seca y ceniza ( $P < .05$ ). El porcentaje de materia seca se incrementó al avanzar el número de cortes en todos los niveles de fertilización, sin embargo la respuesta a la aplicación de nitrógeno fue muy inestable. En el primer corte, el porcentaje más bajo para el contenido de materia seca se encontró en el tratamiento sin fertilizar, pero al pasar al corte dos el nivel de 375 kg de N ha<sup>-1</sup> presentó el valor más bajo. En el corte tres la respuesta fue muy similar en las cuatro dosis evaluadas (figura 7). Estos resultados difieren a lo

encontrado por Villiers y Van Ryssen, (2001) al evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada (200, 400 y 800 kg de N ha<sup>-1</sup>) sobre el ballico anual, ya que observaron que la materia seca disminuyó al aumentar la dosis de nitrógeno aplicado. Este comportamiento se debe a que al incrementarse la dosis de N se produce mayor crecimiento, asociado con forraje más tierno y succulento. La respuesta del nivel de 375 kg de N ha<sup>-1</sup> en el corte dos tal vez fue debido a esto, aunque en los otros cortes no se observó la misma respuesta. El porcentaje de ceniza se incrementó al aumentar el nivel de fertilización nitrogenada en todos los cortes, a excepción del corte tres, donde el nivel de 250 kg de N ha<sup>-1</sup> fue inferior a la dosis de 125 kg de N ha<sup>-1</sup> (figura 8). En relación al número de cortes, podemos observar que el contenido de ceniza se incrementa del corte uno al corte dos, y disminuye en el corte tres. Estos resultados coinciden a los reportados por Partida, (2003), quien observó un comportamiento similar en ballico anual, con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. El nivel de 250 kg de N ha<sup>-1</sup> presentó un comportamiento anormal y la disminución en el contenido de cenizas fue más pronunciado que el resto de los tratamientos, con una diferencia del 17.14% entre el corte uno y el corte tres.

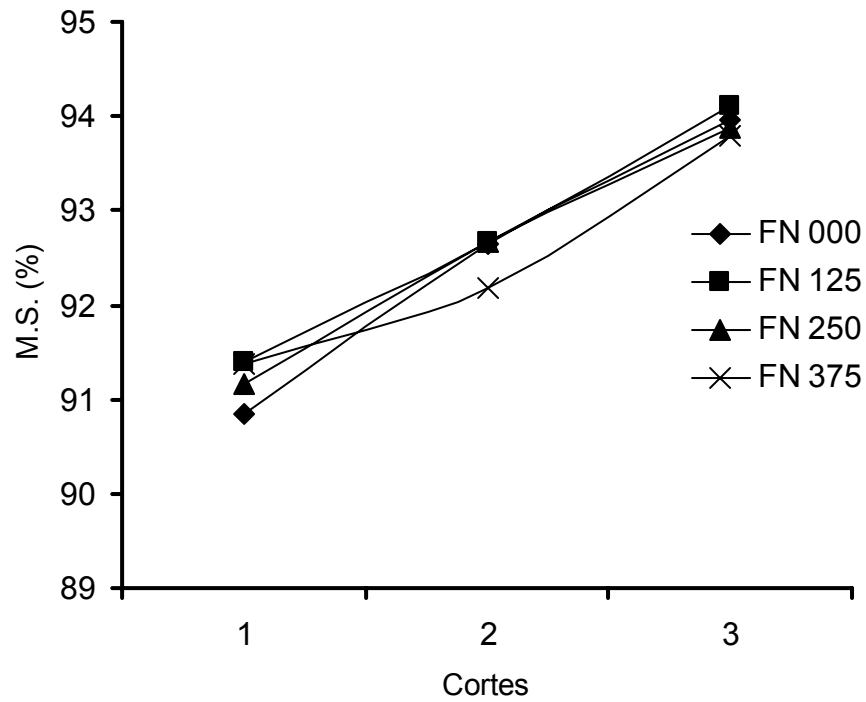


Figura.7. Interacción dosis x corte para porcentaje de materia seca.

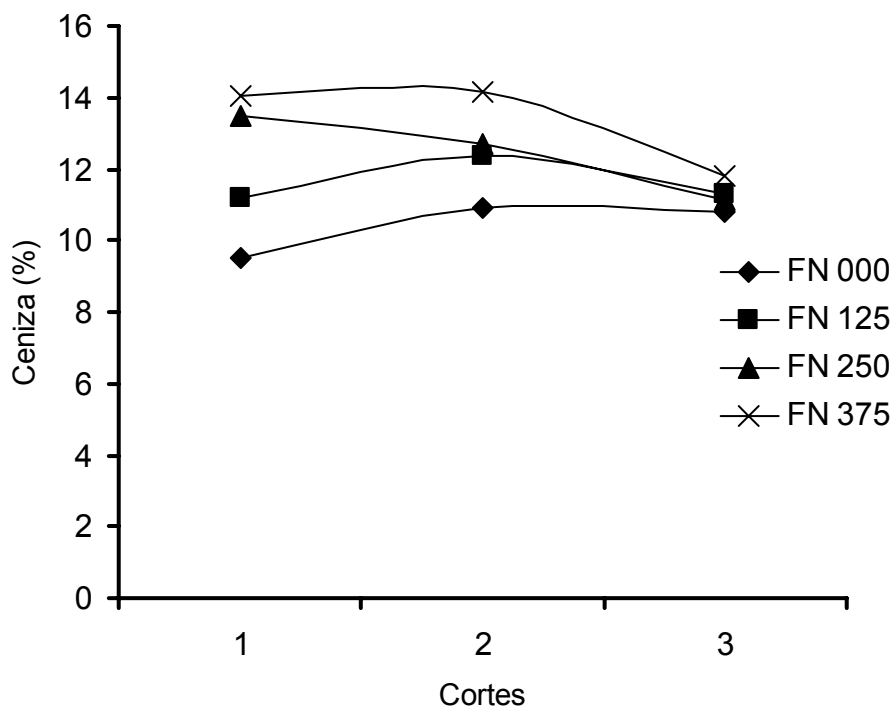


Figura 8. Interacción dosis x corte para porcentaje de ceniza.

## CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo sobre el rendimiento del forraje y calidad del mismo en las dos variedades. La variedad diploide tuvo mayor producción forrajera y tasa de crecimiento, sin embargo produce menor porcentaje de hojas y mayor cantidad de tallos, por lo que la relación hoja:tallo y hoja: no hoja es menor que en la variedad tetraploide.

La producción forrajera y la tasa de crecimiento se incrementaron linealmente al aumentar la dosis de nitrógeno, en tanto, el porcentaje de hojas, la relación tallo:hoja y hoja:no hoja disminuyeron. El porcentaje de material muerto fue igual en las dos variedades y se incrementó al aumentar la dosis de fertilización y el número de cortes.

Para la composición química de las dos variedades se observó que el contenido de materia seca y orgánica es mayor en ballico diploide, aunque el contenido de ceniza fue superior en la variedad tetraploide. El porcentaje de PC fue igual para los dos cultivos, sin embargo las variedades diploides tienen mayor contenido de FDN.

El efecto de las dosis de nitrógeno sobre la composición química del forraje mostró que la MS permaneció constante, el contenido de PC y ceniza se incrementaron, mientras que la materia orgánica disminuyó al igual que la FDN al aumentar el nivel de fertilización nitrogenada.

Es recomendable evaluar el efecto de la aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento productivo y calidad del ballico anual en ciclos consecutivos, ya que las condiciones ambientales son muy diferentes de un año a otro, y los resultados obtenidos pueden variar por esta situación.

## LITERATURA CITADA

- Aganga A., Omphile U., Thema T. and Wilson L. 2004. Chemical composition of ryegrass (*Lolium multiflorum*) at different stages of growth and ryegrass silages with additives. *Journal Biol Sci* 4 (5):645-649.
- Akin D., S. Fales, L. Rigsby and M. Snook. 1987. Temperature effects on leaf anatomy, phenolic tissue digestibility in tall fescue. *Agrom J.* 79: 271-275.
- 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.
- 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.htm>
- AOAC, 1980. Official Methods of Analysis (13<sup>th</sup> Ed). Association of Official Analytical Chemistry. Washington, D. C.
- Bahmani I., L. Hazard, C. Varlet, M. Betin, G. Lemaire, C. Matthew and R. Thom. 2000. Differences in tillering of long and short-leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. *Crop. Sci.* 40: 1095-1102.
- 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.
- Ball D., M. Collins, G. Lacefield, N. Martin, D. Mertens, K. Olson, D. Undersander y M. Wolf. 2001. Understanding forage quality. American Farm Buereau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL. <http://www.uky.edu/Ag/Forage/ForageQuality.pdf>.
- Balsberg A. 1995. Growth, radicle and root hair devilmnt of *Deschampsia flexuosa* L. seeling in relation to soil acidity. *Plant and soil.* 175: 125-132.
- 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.
- Bartholomew P.W. and D.M. Chestnutt. 1978. The effect of nitrogen and length of primary growth period on yield of leaf and stem components of perennial ryegrass. *Grass and Forage Science. Abstract.* 33: 235.
- Bartholomew P.W. and R.D. Williams. 2005. Cool-season development response to accumulated temperature under a range of temperature regimes. *Crop Sci.* 45: 529-534.

- Baruch Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical grasses. *Plant and Soil*. 164: 97-105.
- 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.
- Bergareche C. and Simon E. 1989. Nitrate and ammonium in bermudagrass in relation to nitrogen and season. *Plant and Soil*. 119: 51-57.
- Bernardis, A.C., J.A. Fernandez y H. Goñi Lekumberri. 2000. Efecto de la fertilización sobre el contenido de fibra y energía metabolizable en *Hemarthria altissima*. *Rev. Arg. de Prod.* Vol 20 (1) p. 189.
- Binnie R., F. Harrington and J. Murdoch. 1974. The effect of cutting and nitrogen level on the yield, *in vitro* digestibility and chemical composition of Italian ryegrass swards. *Grass and Forage Science*. Abstract. 29: 57.
- Blount A., Prine G., Chambliss. 2005. Annual ryegrass. University of Florida. IFAS. Extension. Boletín. <http://edis.ifas.ufl.edu/AG104>
- 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.
- Burboa C., Ibarra D., Zapata M., Cabanillas C. y Lizárraga C. 1996. Índices fisiológicos y de crecimiento de diferentes variedades de alfalfa en la región central de Sonora. <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F96004.html>.
- Buxton D. and D. Mertens. 1995 Quality-related characteristics of forages. *In: Forages. Volume I. An Introduction to Grassland Agriculture*. 5a Ed. Iowa. Iowa State University Press.
- Cabanillas R., Pérez J., Martínez A. y González M. 1991. Densidad de siembra, nitrógeno y cortes en el rendimiento, composición química y digestibilidad *in vitro* del forraje del ballico (*Lolium multiflorum* lam). Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F91004.html>



- Cabanillas R., Ibarra G., Zapata M., Lizárraga G. y Burgoa F. 1996. Efecto de la densidad y método de siembra de ballico en el rendimiento de forraje y semilla. Memoria Técnica Patrocines, No. 10.  
<http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F96002.html>
- 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.
- Carter R.H. 1993. Learning sas: a computer handbook for econometrics. Ed. Jhon Wiley and sons, Inc., USA.
- Casal J., V. Deregibus and R. Sánchez. 1985. Variation in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as effected by differences in red/far red irradiation.
- Casal J., R. Sánchez and V. Deregibus. 1987. The effect of light quality on shoot extension growth in three species of grass. Annals of Botany. 59: 1-7.
- Castillo E., Coward J., Sánchez J., Jiménez 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. Costarr. 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.
- Chai W. and P. Uden. 1998. An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fiber. Anim. Feed Sci. Tech. 74: 281-288.
- 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

- Colman, R. L., Lazenby, A. and J. Grierson. 1974. Nitrogen fertilizer responses and seasonal production of temperate and warm climate grass on the northern tablelands of New South Gales. *Aust. J. of Exp. Agric. and Anim. Husbandry*. 14:362-72.
- Connolly V. 2001. Breeding improved varieties of perennial ryegrass. Irish Agriculture and Food Development Authority. Crops Research Centre. <http://www.teagasc.ie/research/reports/crops/3495/eopr-3495.htm>
- Cooper, J.P. and Tainton.1968. Light and temperature requirements for the growth of temperate and tropical grasses. *Herbage Abstracts*. 38: 167-76.
- Costa M., J. De Battista y C. Sero. 2004. Verdeos de Invierno. *Ryegrass Anual*. Boletín.<http://www.elsitioagricola.com/gacetillas/concepcion/co20040315/verdeosInvierno>.
- Cuomo G., Redfearn D., Beatty J., Anders R., Martin F. y Blouin D. 1999. Management of warm-season annual grass residue on annual ryegrass establishment and production. *Agron J*. 91:666-671.
- Deinum B., R. Sulastri, M. Zeinab and A. Maassen. 1996. Effects of Light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grass (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *trichoglume*). *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 44: 111-124.
- Delagarde R., J.L. Peyraud, L. Delaby and Faverdin. 2000. Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Sci. and Technol*. 84: 49-68.
- Díaz M. y Gonella C. 1997. Fertilización nitrogenada de verdes de invierno en la región subhúmeda Pampeana, Argentina. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*. 5(supl.1):10-12.
- Duhalde J.M. 2002. Tasa de crecimiento y curvas de producción en avena y ryegrass anual. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). [http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/ganaderia/carpeta2003/11-Tasa\\_crec\\_reigras34.pdf](http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/ganaderia/carpeta2003/11-Tasa_crec_reigras34.pdf)
- Durand J., R. Schaufele and F. Gastal. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: morphological analysis and modeling. *Annals of Botany*. 83: 577-588.
- Duro M. and H. Ducrocq.2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. *Annals of Botany*. 85:635-643

- Duthil, J. 1980. Producción de Forrajes. 3ª edición. Ediciones Mundiprensa. Castelló 57, Madrid, España. Pág.29-32, 63-64.
- Ehlig C. and Hagemann R. 1982. Nitrogen Management for irrigated annual ryegrass in Southwestern United States. Agron J. 74: 820-823.
- Evans P.S. 1966. Aspects of growth and morphology of seedlings of diploid and tetraploid western wolths ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam var. *Westernwoldicum*). N.Z.Jl Bot. 5:203-10.
- Evers G. 2002. Ryegrass-Bermudagrass production and nutrient uptake when combining nitrogen fertilizer with broiler litter. Agrom. J. 94: 905-910.
- Fales, S.L. 1986. Effects of temperature on fiber concentration, composition and in vitro digestion kinetics of tall fescue. Agron. J. 78:963.
- Faria J.R., B. González y J. Faría. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento total y distribución en hoja, tallo y material muerto de la materia seca del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Rev. Fac. Agrom. 14: 417-425.
- Ferraris R. 1978. The effect of photoperiod and temperature on the first crop and rate growth of *Pennisetum purpureum* Schum. Austr. J. Agric. Rec. 29: 941-950.
- Findenegg G. 1987. A comparative study of ammonium toxicity at different constant pH of the nutrient solution. Plant and Soil. 103: 239-243.
- Flores A., G. Lizarraga y F. Peñuñuri. 1982. Evaluación de la producción de forraje de ryegrass anual y tetraploide bajo diferentes fechas de siembra. Avances de investigación pecuaria en el estado de Sonora.  
<http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F82010.html>
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koepen. Instituto de Geografía U.N.A.M. México D.F.
- 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.

- Grime, J.P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. 1ª. Edición. Editorial Limusa. Pág. 22-24.
- 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.
- Gowen N., M. O'Donovan, I. Casey, M. Rath, L. Delaby and G. Stakelum. 2003. The effect of grass differeng in heading date and ploidy on the performance and dry matter intake of spring calving dairy cows at pasture. 52: 321-336.
- Hafley J. 1996. Comparison of Marshal and Surrey ryegrass for continues and rotational grazing. J. Anim. Sci. 74: 2269-2275.
- Hannaway, D., S. Fransen, J. Cropper, M. Teel, M. Chaney, T. Grigss, R. Halse, J. Hart, P. Cheeke, D. Hansen, R. Klinger, W. Lane. 1999a. Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam). Oregon State University Extension, Service. <http://eesc.orst.edu/AgComWebFile/EdMat/PNW501.html>.
- 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. 1999b. Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* Lam.). Oregon State University, Extension Service. <http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/edmat/pnw/pnw503.html>.
- Hall, M. H. 1992. Ryegrass. Forages. Agronomy Facts 19. Pennsylvania State University. <http://cropsoil.psu.edu/Extension/Facts/AgFact19.pdf>
- 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.
- Hides, D.H., J.A. Lovatt and M.V. Hayward. 1983. Influence of stage of maturity on the nutritive value of Italian ryegrasses. Grass and Forage Science. Abstract 38:33.
- Heath, E., R. Barnes and F. Metcalfe. 1985. Forages. The science of grassland agriculture. Iowa State Press. Ames, Iowa. U.S.A.
- Henderson, M.S. and D.L. Robinson. 1982. Environmental influences on fiber component concentration of warm-season perennial grasses. Agron. J. 74:573-579.

- Hill M. and J. Pearson. 1985. Primary growth y regrowth responses of temperate grass to different temperatures and cutting frequencies. Aust. J. Agric. Res.36:25-34.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and Forage Sci. 34:11.
- 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.
- Hume D.E. 1991. Primary growth and quality characteristics of *Bromus willdenowii* and *Lolium multiflorum*. Grass and Forage Science. 46(3): 313-324.
- 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.
- Jensen K.B., B.L. Waldron, K.H. Asay, D.A. Johson and T.A. Monaco. 2003. Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. Agron. J. 95: 668-675.
- 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.
- Jung, H.G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. Agron. J. 81:33
- Kallenbach R., Bishop G., Massie M., Kerley M., and Roberts C. 2003. Stockpiled annual ryegrass for winter forage in the lower Midwestern USA. Crop Sci. 43
- Kammerl R., R. Ross and U. Simon. 1991. Rate of water loss in forage species and varieties at defined stages or growth. *In*: Forage conservation towards 2000. Proc. EGF Conf. Landbauforschung Vollkenrode, Sonderheft.
- 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.
- King J., M. Hill and W. Willms. 1996. Temperature effects on regrowth of 3 rough fescue species. J. Range Manage. 51: 463-468.

- Krestschmer, E. A. and Pitman D. W. 1995. Tropical and Subtropical Forages, In: Forages, an Introduction to Grassland Agriculture. Fifth Edition. Iowa State Univ. Press, Ames. Iowa. p 283-304.
- Latinga E., P. Deenen and H. Van Keulen. 1999. Herbage and animal production responses to fertilizer nitrogen in perennial ryegrass swards. II. Rotational grazing and cutting. Netherlands Journal of Agricultural Science.47: 243-261.
- Lehman W.F. 1971. Longitud del día a través del año. El Centro California, U.S.A. IVAC. U.C.-DAVIS.
- Lima G., L. Sollenberger, W. Kunkle, J. Moore and A. Hammond. 1999. Nitrogen fertilization and supplementation effects on performance of beef heifers limpgrass. Crop Sci.39:1853-1858.
- Lippke H. 1999. Nitrogen and phosphorus applications increase yields and profits from irrigated ryegrass in Southwest. Better Crops. 83:4,6-8.
- Lippke H., V. Haby and T. Provin. 2006. Irrigated annual ryegrass responses to nitrogen and phosphorus on calcareous soil. Agrom. J. 98:1333-1339.
- Lizárraga G., P. Márquez, R. Garza y A. Aguayo. 1975. Efecto de la densidad de siembra y niveles de nitrógeno sobre el rendimiento y calidad del forraje ballico italiano (*Lolium multiflorum* Lam). Técnica Pecuaria en México. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F76008.html>
- Lizárraga G., F.J. Peñuñuri y A. Aguayo. 1980a. Evaluación en producción de forraje de 9 variedades de ryegrass. Resumen de avances de investigación pecuaria del centro de investigaciones pecuarias del estado de sonora, A.C. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F80014.html>.
- Lizárraga G., A.Aguayo, R. Garza y F.J. Peñuñuri. 1980b. Comparación en la producción de forraje ballico italiano (*Lolium multiflorum* Lam) y cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) solos y asociados. Técnica Pecuaria en México.<http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F80004.html>
- Lozano, A.O. 1994. Suplementación alimenticia del ganado en pastoreo. Memorias de 5ta. Reunión Anual sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. ICA-UABC.
- Manske L. 2001. Range plant growth and development are affected by environmental factors. North Dakota State University. Annual report. <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/dickins/research/2000/range00b.htm>.
- Marais J. and D. Goodenough. 2000. Nutritive value and matter yield of annual ryegrass121c. S. Afr. J. Anim. Sci. 30(Supplement 1).

- Marino M., Mazzanti A., Assuero S., Gastal F., Echeverría H. y Andrade F. 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter-spring growth of annual ryegrass. *Agron. J.* 96:601-607.
- McKenzie F.R., J.L. Jacobs, M.J. Ryan and Kearney. 1999. Effect of rate and time of nitrogen application from autumn to midwinter on perennial ryegrass-white clover dairy pastures in western Victoria. 2. Pasture nutritive value. *Aus. J. Agric. Res.* 50: 1067-1072
- Millar D. and Stritzke J. 1995. Forage establishment and leed management. *In: Forages. Volume I. An Introduction to Grassland Agriculture.* 5a Ed. Iowa. Iowa State University Press.
- Misra A. and P. Singh. 1983. Effect of soil moisture and clipping stress on nutrient (N, P and K) concentration, uptake and use efficiency in one temperate and two tropical grasses. *Plant and Soil.* 69: 413-421.
- 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.
- Moreira F.B., I.N. Prado, U. Cecato, F.Y. Wada and I.Y. Mizubuti. 2004. Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Animal feed Sci. Technol.* 113: 239-249.
- Morrison I. 1980. Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity. *Grass and Forage Science. Abstract.* 35(4):287.
- Navarro L., Vásquez D. y Torres A. 1992. Efecto de la dosis de nitrógeno y la edad en el rendimiento, tasa de acumulación de materia seca y en el valor nutricional del pasto brachiaria humidicola. *Zootecnia tropical* Vol. 10(1):65- 86.
- Nelson J. 1995. Photosynthesis and carbon metabolismo. *In: Forages. Volume I. An Introduction to Grassland Agriculture.* 5a Ed. Iowa. Iowa State University Press.
- Nelson J. and J. Volenec. 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., L. Sollenberger, K. Boote, L. Allen and R. Littell. 2001. Carbon and temperature effects on forage dry matter production. *Crop Sci.* 41:399-406.

- Norriss M. 1999. Manejo de los ryegrasses: Perennes Tetraploides. <http://webs.advance.com.ar/sembisca/ActualizacionesTecnicas.htm>.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle (7th Rev. Ed). National Academy of Press. Washington D.C.
- Núñez G., Espinoza J., Salinas H., Gutiérrez J., Medina G. y Dovel R. 2000. Guía de Manejo de Praderas de Gramíneas de Clima Templado en México. INIFAP. Boletín: 17-25.
- Partida A., B. A. 2003. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción forrajera y valor nutricional del zacate ballico anual (*Lolium multiflorum*, var. Tetraploide) en el Valle de Mexicali. Tesis de Maestría en Sistemas de Producción Animal. ICA-UABC.
- Peñuñuri F., R. Zambrano y I. Esquer. 1980. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la producción y calidad de zacate ballico italiano o ryegrass. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F80005.html>.
- Peñuñuri F., G. Lizárraga y I. Esquer. 1982. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo en la producción y calidad del ryegrass o ballico italiano. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F82006.html>.
- Peñuñuri F. y Lizárraga G. 1983. Establecimiento, manejo y utilización de ryegrass bajo riego. Memorias. Primera reunión sobre establecimiento, manejo y utilización de praderas irrigadas. <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F83001.html>.
- Pérez T., A Hernández, Pérez J., Herrera J. y Bárcena R. 2002. Repuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Téc Pecu Méx* 2002; 40(3):251-263.
- Peyraud J.L., L. Astigarraga and P. Faverdin. 1997. Digestion de fresh perennial ryegrass fertilized at two levels of nitrogen by lactating dairy cows. *Animal Feed Sci. and Technol.* 64: 155-171.
- Peyraud J.L. and L. Astigarraga. 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal feed Sci. and Technol.* 72: 235-259.
- Poore M., J. Green, G. Rogers, K. Spivey and K. Dugan. 1999. Nitrate management in beef cattle production systems. West Virginia University. Extension Service. <http://www.wvu.edu/~agexten/forglvst/Nitrdrot.htm>.
- 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.



- O'Donovan M. and L. Delaby. 2005. A comparison of perennial ryegrass cultivars differing in heading date and grass ploidy with spring calving dairy cows grazed at two different stocking rates. *Anim. Res.* 54: 337-350.
- Rayburn E. 1993. Plant growth and development as the basis of forage management. West Virginia University. Extension Service. <http://www.caf.wvu.edu/~forage/growth.htm>.
- Redfearn D., B. Venuto, W. Pitman, M.V. Alison and J. Ward. 2002. Cultivar and environment effects on annual ryegrass forage yield, yield distribution, and nutritive value. *Crop Sci.* 42: 2049-2054.
- Redfearn D., B Venuto., W. Pitman., Blouin D. y M. Alison. 2005. Multilocation annual ryegrass cultivar performance over a twelve-year period. *Crop Sci.*45:2388-2393.
- Rodríguez F. 1982. Fertilizantes. *Nutrición vegetal*. Ed. A.G.T. México. Pág. 53-58.
- Rodríguez G. 1995. Digestión ruminal y postruminal del heno de ryegrass (*Lolium multiflorum*) bajo dos niveles de consumo. Tesis de Maestría en Sistemas de Producción Animal. ICA, Universidad Autónoma de Baja California.
- Rodríguez G.J., A. López, D. Calderón, A. Pérez, G.A. Carrillo, J.F. Ponce y J.E. Guerra. 2002. Efecto de dos tipos de labranza y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento forrajero y altura de planta del ballico anual (*Lolium multiflorum*, var. tetrapoide) en praderas irrigadas. Mem. XII Reunión Int. Sobre prod. de Carne y Leche en Climas Cálidos. ICA-UABC.
- Scarnecchia, L. and M. Kothmann. 1986. Observation on herbage growth, disappearance, and accumulation under livestock grazing. *J. Range Manage.*39(1):86-87.
- SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [ganaderia.sagarpa.gob.mx/dlg/bajacalifornia/ganaderia/mas%20informacion/libreta/lib-bovino.htm](http://ganaderia.sagarpa.gob.mx/dlg/bajacalifornia/ganaderia/mas%20informacion/libreta/lib-bovino.htm).
- SARH. 1989. 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. 1998. User's Guide: Statistic Analysis System. SAS. Inst., Carry, N. C.
- Scheneiter O., P. Rimieri. 2001. Herbage accumulation, tiller population density, and sward components of prairie grass under different nitrogen levels. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 44: 13-22.

- Scoth H. y Weihing R. 1984. Los ballicos. Forrajes. Editorial Continental. México. Pág. 343-347.
- Scout W. and G. Jung. 1992. Influences of soil environment on biomass and nitrogen accumulation rates of orchardgrass. *Agron. J.* 84:1011-1019.
- Singer J. 2002. Species and nitrogen on growth rate, tiller density, and botanical composition in grass hay production. *Crop. Sci.* 42: 208-214.
- Smit H.J. 2006. Cultivar effects of perennial ryegrass on herbage by grazing dairy cows. *In: Fresh herbage for dairy cattle. Printed in the Netherlands.* 45-62.
- Soto C., Valencia A., Galvis R., Correa H., 2005. Efecto de la edad del corte y del nivel fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pannisetum clandestinum*). *Rev. Col. Cienc. Pec.* Vol. 18:1:17-26.
- Strickland G., G. Selk, H. Zhang, D.L. Step. 1996. Nitrate Toxicity in Livestock. Oklahoma State University.. Division of Agricultural Sciences. Extension service. <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-1996/F-2903web.pdf>
- Sugiyama S. 2005. Polyploidy an cellular mechanisms changing leaf size: comparison of diploid and autotetraploid populations in two species of *Lolium*. *Annals of Botany* 96:931-938.
- Swanton C., J. Zhong, A. Shrestha, M. Tollenaar, W. Deen and H. Rahimian. 2000. Effects of temperature and photoperiod on the phenological development of barnyardgrass. *Agrom. J.* 92: 1125-1134.
- Tabaco E., Borreani G., Valente M. and Peiretti P. 2004. Dry matter and water-soluble carbohydrate contents of Italian ryegrass at cutting as affected by environmental factors. *Ital. J. Agron.*, 8, 1, 63 – 74.
- Thom E. and R. Prestidge. 1996. Use of Italian ryegrass on seasonal dairy farms in northern New Zealand.1. Feed production and persistence. *New Zealand journal of agricultural research.* 39:223-236.
- Urbano D. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. *Rev. Fac. Agron;* 14:129-139.
- Valente M., Borreani G., Pieretti P. and Tabacco. 2000. Codified Morphological Stage for Predicting Digestibility of Italian Ryegrass during the Spring Cycle. *Agron. J.* 92:967–973.
- Valk H., I.E. Kappers and S. Tamminga. 1996. In sacco degradation characteristics of organic matter, neutral detergent fibre and crude protein of fresh grass

- fertilized with different amounts of nitrogen. *Animal Feed Sci. Technol.* 63: 63-87.
- Van Vuuren A.M., F. Krol-kramer, R.A. Van Der Lee and H. Corbijn. 1992. Protein digestión and intestinal amino acids in dairy cows fed fresh *Lolium perenne* with different nitrogen contents. *J. Dairy Sci.* 75: 2215-2225.
- 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.
- Velasco M., A. Hernández, 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. y González V. 2005. Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne*) en respuesta a la frecuencia de corte. *Tec Pecu Méx*: 43(2):247-258.
- Villieris J. and Ryssen J. 2001. Performance responses of various ages to Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) fertilized with various levels of nitrogen. *S. afr. J. Anim. Sci.* 31 (3):142-148.
- Voisin A. 1994. La curva de crecimiento de la hierba. Productividad de la hierba. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 12-21.
- 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.
- Weihing R. 1963. Growth of ryegrass as influenced by temperature and solar radiation. *Agrom. J.* 55:519-521.
- 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.
- Wilson J.R., B. Deinum and F.M. Engels. 1991. Temperature affects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Neth. J. Agric. Sci.* 39: 31-48.
- Woodward S.J. 1998. Quantifying different causes of leaf and tiller death in grazed perennial ryegrass swards. *New Zealand Journal of agricultural Research.* 41: 149-159.
- Wu Z., O. Skjelvag and H. Baadshaug. 2004. Quantification of photoperiodic effects on growth of *Phleum pretense*. *Annals of Botany.* 94: 535-543.

- 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.
- Zapata M., E. Enríquez y J.E. Limón. 1984. Efecto de la fecha de siembra sobre la producción de forraje anual y tetraploide común en el municipio de Cumpas, Sonora. Técnica Pecuaria en México. Suplemento 11.  
<http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F84007.html>
- 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.