

Dinámica de la producción primaria y valor nutritivo de tres gramíneas tropicales (*Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* y *Brachiaria mutica*) en tres estados fenológicos

DYNAMICS OF THE PRIMARY PRODUCTION AND NUTRITIVE VALUE OF THREE TROPICAL GRASSES (*Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* AND *Brachiaria mutica*) IN THREE PHENOLOGICAL STAGES

Gilmar López A.¹, Jimny Nuñez D.^{1,3}, Lucrecia Aguirre T.^{1,2}, Enrique Flores M.^{1,2}

RESUMEN

Se evaluó la dinámica de la producción primaria y el valor nutritivo basado en la variación del rendimiento de materia seca, altura de planta, contenido de proteína cruda, fibra cruda y digestibilidad *in vitro* de materia seca (MS) en tres estados fenológicos (botón floral, inicio de floración y maduración de semilla) de tres especies de gramíneas tropicales: gramalote (*Brachiaria mutica*), gordura (*Melinis minutiflora*) y setaria (*Setaria sphacelata*). El estudio se realizó en la provincia de Oxapampa, región Pasco (Perú) utilizando un diseño estadístico de parcelas divididas para la variable de producción de biomasa aérea y de bloques completamente randomizado para las variables de valor nutritivo del forraje. *B. mutica* presentó la mayor altura promedio (97 cm), seguida por *S. sphacelata* (55 cm) y *M. minutiflora* (40 cm). La superioridad en altura de *B. mutica* se reflejó en la mayor producción de materia seca acumulada (8978 kg MS/ha) comparada con *S. sphacelata* (5755 kg MS/ha) y *M. minutiflora* (4338 kg MS/ha). *B. mutica* y *S. sphacelata* mantuvieron promedios similares de proteína cruda (6.83 y 7.45%) y digestibilidad *in vitro* (72.36, 73.0%) y superiores a los de *M. minutiflora* (5.83% y 69.6%, respectivamente). El análisis fenológico reveló que *S. sphacelata* completa su desarrollo fenológico en menos tiempo (7 meses), seguido de *B. mutica* (8 meses) y *M. minutiflora* (9 meses). Se recomienda el uso de *B. mutica* y *S. sphacelata* sobre *M. minutiflora* por su mayor capacidad de producción de materia seca y mejor valor nutritivo.

Palabras clave: gramínea tropical; valor nutricional; altura de planta; materia seca, proteína cruda; digestibilidad *in vitro*; estado fenológico

¹ Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² Departamento de Producción Animal, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

³ E-mail: jimny_unalm@hotmail.com

Recibido: 26 de septiembre de 2017

Aceptado para publicación: 28 de febrero de 2018

ABSTRACT

The dynamics of primary production and nutritional value were evaluated based on the variation of dry matter yield, plant height, crude protein content, crude fibre, and *in vitro* digestibility of dry matter (DM) in three phenological stages (floral bud, start of flowering and seed maturation) of three species of tropical grasses: para grass (*Brachiaria mutica*), molasses grass (*Melinis minutiflora*) and South African pigeon grass (*Setaria sphacelata*). The study was conducted in the province of Oxapampa, Pasco region (Peru) using a statistical design of divided plots for the variable of production of aerial biomass and completely randomized blocks for the nutritional value of the forage. *B. mutica* had the highest average height (97 cm), followed by *S. sphacelata* (55 cm) and *M. minutiflora* (40 cm). The superiority in height of *B. mutica* was reflected in the highest cumulative dry matter production (8978 kg DM/ha) compared to *S. sphacelata* (5755 kg DM/ha) and *M. minutiflora* (4338 kg DM/ha). *B. mutica* and *S. sphacelata* maintained similar crude protein average (6.83 and 7.45%) and *in vitro* digestibility (72.36, 73.0%) and greater than those of *M. minutiflora* (5.83% and 69.6%, respectively). The phenological analysis revealed that *S. sphacelata* completes its phenological development in less time (7 months), followed by *B. mutica* (8 months) and *M. minutiflora* (9 months). The use of *B. mutica* and *S. sphacelata* instead of *M. minutiflora* is recommended due to its greater dry matter production capacity and better nutritional value.

Key words: tropical grass; nutritional value; plant height; dry matter, crude protein; *in vitro* digestibility; phenological state

INTRODUCCIÓN

El Valle de Oxapampa, Perú, está constituido por extensas áreas de pastos naturalizados y pastos cultivados que se usan para la explotación ganadera. El valle tiene una temperatura promedio de 15.5 °C, precipitación pluvial de 1500 mm/año y humedad relativa de 92%. La actividad económica está centrada en el campo agropecuario, con énfasis en la ganadería bovina bajo un sistema de producción extensiva, utilizando pastos introducidos adaptados a suelos bien drenados como *Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* y mal drenados como *Brachiaria mutica* (IUCN, 2016), de tipo arenosos hasta arcillosos con moderada fertilidad (Peters *et al.*, 2010).

S. sphacelata (Zuloaga *et al.*, 2003) es un pasto perenne originario de África tropical, resistente a la sequía y a bajos niveles de fósforo, salinidad y toxicidad por magnesio

(León, 2008), con producciones entre 10 y 25 t/ha/año con fertilización (Alvim *et al.*, 1986; Martins *et al.*, 2004), 7-12% de proteína, y hasta 19.9% con altas dosis de fertilización nitrogenada (Llamas *et al.*, 2017) y 50-55% de digestibilidad (Mas, 2007; Martins *et al.*, 2004). *B. mutica* es un pasto de crecimiento rastrero que crece en terrenos húmedos o pantanosos, no tolera sequía y se adapta a suelos ácidos o neutros, pero no salinos. Su reproducción es mediante tallos (Harvard-Duclos, 1969; Ira, 1979), con una producción entre 5 y 12 t/ha/año en secano (Martins *et al.*, 2004) y hasta 17.4 t/ha/año (Alvim *et al.*, 1986), con 10-12% de proteína y 50-70% de digestibilidad (Martins *et al.*, 2004). *M. minutiflora* se desarrolla en suelos con mediana fertilidad (Martins *et al.*, 2004), considerada como especie invasora con potencial para desplazar a otras especies nativas (Hoffmann *et al.*, 2004), con una producción entre 10 y 13 t de MS/ha/año, 6-10% de proteína y 50-55% de digestibilidad (Peters *et al.*, 2010).

Las especies tropicales son altamente productivas debido a sus características fisiológicas C4 (Carámbula, 1996) y a las condiciones ambientales, principalmente de precipitación y temperatura (Ramírez *et al.*, 2009; Nuñez, 2017). El contenido de proteína cruda de las gramíneas puede variar entre 3% en una gramínea tropical y muy madura hasta más de 30% en etapa vegetativa y aplicando fertilizantes (Trujillo y Uriarte, 2001). La digestibilidad del forraje varía con el estado de madurez, la especie de pasto y el manejo, donde una pastura tropical en estado vegetativo temprano tiene generalmente una alta digestibilidad (33-44%) (Nuñez, 2017).

A pesar de la importancia que tienen estos pastos en el desarrollo ganadero del lugar, existe poca información acerca de su comportamiento, contenido de proteína cruda, fibra cruda y digestibilidad, que sirvan para dar un uso racional al forraje. En consecuencia, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la dinámica de la producción primaria de las gramíneas *Brachiaria mutica*, *Melinis minutiflora* y *Setaria sphacelata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio comprendió un ensayo destinado a evaluar la productividad primaria y otro orientado a estimar las variaciones en valor nutritivo según el avance de su desarrollo fenológico. El estudio se realizó en la provincia de Oxapampa, región Pasco, a 1800 msnm, temperatura promedio de 15.5 °C (máxima 21 °C, mínima 10 °C), precipitación anual de 1500 mm, humedad relativa de 92% y pH del suelo entre 4.5 y 6.

Dinámica de la Productividad Primaria

Se caracterizó la dinámica de la producción primaria de las gramíneas *B. mutica*, *M. minutiflora* y *S. sphacelata* durante un ciclo de crecimiento en potreros instalados

de aproximadamente tres años de edad, manejados tradicionalmente (sin fertilización), con similares características de exposición, suelo y clima. Se seleccionaron áreas representativas (área donde domina la especie de interés) y uniformes. Se cercaron 400 m² dentro de cada potrero y por cada especie. Al inicio de las lluvias se realizó un corte de uniformización a una altura de 10 cm desde el suelo. Luego se sortearon las áreas que correspondieron a los meses de evaluación.

Las variables evaluadas fueron producción de biomasa aérea, altura de planta, temperatura y humedad del suelo a profundidades de 5, 20 y 35 cm para obtener un promedio. La biomasa aérea fue muestreada mensualmente utilizando cuadrantes de 1 m², la vegetación fue cortada a una altura de 10 cm. Las muestras fueron pesadas en verde, luego llevadas a estufa a 60 °C por 48 horas para determinar la materia seca (MS) utilizando una balanza digital (OHAUS®, Ranger 3000) de 3000 g de capacidad máxima y 0.1 g de precisión. La altura fue estimada midiendo la longitud de planta desde el ras del suelo a la hoja bandera. La temperatura del suelo se determinó usando geotermómetros, mientras que para la humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico. Las muestras de suelos fueron colectadas en los mismos lugares donde se midió la temperatura, utilizando envases de plástico con cierre hermético para evitar la pérdida de humedad. Las muestras se enviaron al laboratorio para determinar el contenido de humedad en estufa a 105 °C por 24 horas (Martínez, 1971).

Para analizar los datos de producción de forraje se utilizó el diseño estadístico de parcela divididas en bloques completos al azar, donde los bloques representan áreas homogéneas de suelo, las parcelas dentro de bloques a las especies de pastos y las subparcelas los meses del año. Para la comparación de promedios se utilizó la prueba de Duncan con un alpha de 5%.

Desarrollo Fenológico y Valor Nutritivo del Forraje

Se caracterizó el contenido nutritivo en las etapas fenológicas de botón floral, inicio de floración y maduración de semilla. Se utilizaron las mismas áreas y especies forrajeras del primer ensayo y el muestreo se realizó cuando el 70% de las plantas se encontraban en el estado fenológico indicado. Para obtener muestras para la evaluación nutricional se utilizaron cuadrantes de 1 m² para cortar la vegetación a 10 cm de altura, luego se procedió al secado de la muestra a 60 °C durante 48 horas. Las variables de proteína cruda (PC), fibra cruda y cenizas fueron analizadas utilizando procedimientos estándar (AOAC, 1984), en tanto que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca fue analizada usando la técnica *in vitro* de dos fases (Tilley y Terry, 1963).

Para el análisis de los datos de valor nutritivo en las distintas etapas fenológicas se utilizó el diseño de bloque completo randomizado con arreglo factorial de 3x3, donde los factores fueron las tres especies y los tres estados fenológicos, cada uno con dos réplicas. Para comparar los promedios se utilizó la prueba de Duncan con un alpha de 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de la Producción Primaria

En las condiciones del estudio, *B. mutica* alcanzó mayor altura en todos los meses de evaluación, alcanzando 184 cm al finalizar el ciclo de crecimiento, siendo mayor que *M. minutiflora* y *S. sphacelata*. Este comportamiento se debe principalmente a las características de crecimiento propias de la especie y el rango de humedad del suelo (23.7-30.3%) más favorable comparado con el suelo de *M. minutiflora* (21.3-29.3%) y *S. sphacelata* (15.3-29.3%). Cabe resaltar

el potencial que muestra *S. sphacelata* para tolerar suelos con baja disponibilidad de agua. Al finalizar el experimento, las especies *M. minutiflora* y *S. sphacelata* alcanzaron similares tamaños (91.7 y 96.3 cm, respectivamente). En este estudio, *S. sphacelata* alcanzó a los seis meses una altura 90.33 cm, valores por debajo a los reportados por Imbaquingo y Naranjo (2010), quienes encontraron una altura promedio de 106 cm a la misma edad de la planta.

Rendimiento de materia seca

El rendimiento promedio de materia seca (kg MS/ha) varió significativamente entre las especies estudiadas ($p < 0.05$). *B. mutica* mostró mayor rendimiento (8978 kg MS/ha) que *S. sphacelata* (5755 kg MS/ha) y *M. minutiflora* (4338 kg MS/ha). En los tres primeros meses al inicio de la época de crecimiento (octubre, noviembre y diciembre) se observó un lento desarrollo en todas las gramíneas, lo que es una respuesta general en el ciclo de crecimiento de las plantas forrajeras. Luego, *B. mutica* mostró el mayor incremento de MS hasta finalizar el ciclo de crecimiento (Figura 1).

El rendimiento de MS muestra una relación directa con la variable altura de planta, lo que muestra que el incremento en altura de planta va acompañado de un incremento en la biomasa estructural (tallos) y foliar (hojas), aunque no se llegó a cuantificar la proporción de tallo y hojas en el presente estudio. Estos resultados muestran el comportamiento productivo de las especies en ausencia de fertilización y suplementación de agua. Estudios en similares condiciones de suelo y clima, sin incorporación de otros elementos como la fertilización y riego reportan producción de MS similares para *B. mutica* (5 a 8 t MS/ha) (Bogdan, 1997). Además, para el género *Brachiaria* se reportan rendimientos de 1.2 a 3.6 t MS/ha (Costa *et al.*, 1990; Rosemberg *et al.*, 1990) y de 3.53 t MS/ha a los 24 días de rebrote en época lluviosa (Cuadrado *et al.*, 2004).

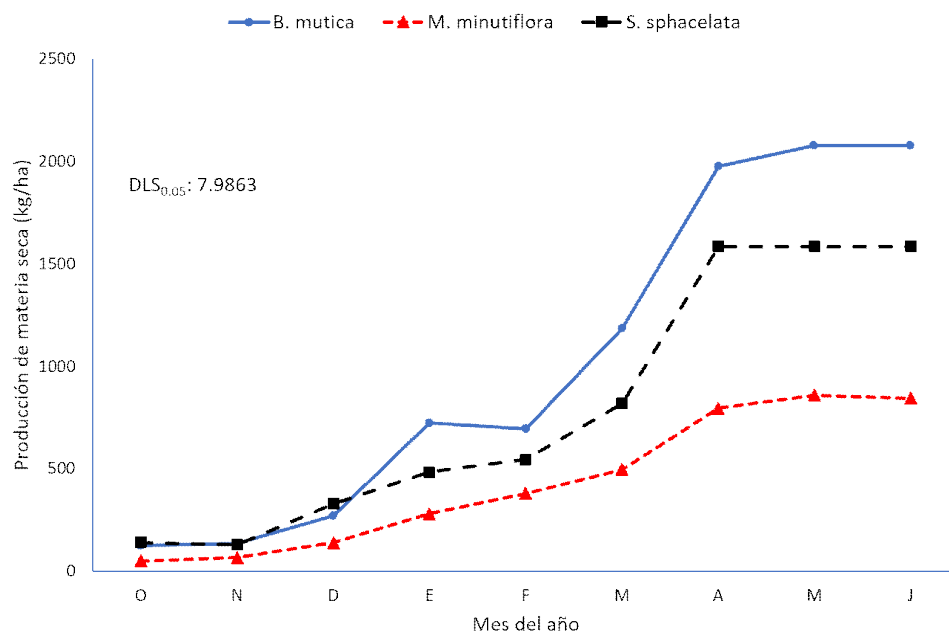


Figura 1. Fluctuaciones mensuales en rendimiento de materia seca de tres especies de gramíneas tropicales en Oxapampa, Perú

La producción de materia seca para *B. mutica* varía entre 10 y 39 t MS/ha en zonas con mayor temperatura como en Yurimaguas, Perú, y con la incorporación de fertilizantes y riego (Zambrano, 1995). Calderón (2015), con una fertilización a base de estiércol de *Cavia porcellus* reportó rendimientos de 4.67 t MS/ha para *S. sphacelata* al primer corte. Mayores rendimientos (15 t MS/ha) fueron reportados para *S. sphacelata* con incorporación de enmiendas cálcicas y abonos orgánicos (Juárez, 2016), así como producciones de 6-10 t MS/ha con buen manejo (Borrajo y Pizzio, 2006). Asimismo, valores de 8-16 t MS/ha (Mas, 2007) y 10-25 t MS/ha (Alvim *et al.*, 1986; Martins *et al.*, 2004) con fertilización nitrogenada y riego. En el caso de los rendimientos de MS de *M. minutiflora*, Hubbell (1980) reporta rendimientos de 3-8 t MS/ha, similares a los reportados en el presente estudio, mientras que producciones de 25 t MS/ha fueron reportados en ensayos similares (Martins *et al.*, 2004).

Temperatura y humedad del suelo

La temperatura del suelo en la que se desarrolló *M. minutiflora* muestra un promedio significativamente más alto (20.48 °C) que los demás suelos que sustentan a *S. sphacelata* (19.59 °C) y a *B. mutica* (19.58 °C). Estos valores sugieren una relación inversamente proporcional con respecto a la producción de biomasa aérea, ya que *B. mutica*, se desarrolla en un suelo con menor temperatura, muestra mayor biomasa, lo que podría estar jugando un rol importante en la disminución del flujo de calor al suelo (Loch, 2004).

También se pudo apreciar que la variación en temperatura mensual del suelo que sostiene a *M. minutiflora* es muy pequeña, manteniéndose casi constante (Figura 2). De otro lado, la temperatura del suelo de *S. sphacelata* a partir de diciembre inicia un incremento continuo hasta abril, cuando la temperatura se estabiliza; mientras que la temperatura del suelo que sostiene a *B. mutica*

se mantuvo estable como en el caso del suelo de *M. minutiflora*, pero con la diferencia de los valores de las temperaturas. Estos patrones de temperatura del suelo sugieren que en regiones cálidas es beneficioso el mantenimiento de temperaturas más frescas, como es el caso del suelo que sustenta a *B. mutica*. Este comportamiento podría estar relacionado a las demandas de evaporación y disponibilidad de agua en el suelo. En efecto, el porcentaje de humedad del suelo de la especie que tiene mayor producción de materia seca (*B. mutica*), tiene un promedio significativamente mayor de humedad (26.8%) que el suelo de *S. sphacelata* (25.8%), y *M. minutiflora* (25.5%).

Los datos de temperatura y humedad muestran una relación inversamente proporcional, ya que cuanto mayor era el promedio de temperatura se registró menor humedad del suelo, probablemente debido a una mayor pérdida de agua por evaporación. La Figura 3 muestra las variaciones promedio de la humedad de los suelos, donde se puede apreciar que el suelo del *M. minutiflora* tiene un patrón más claro que el de las otras especies y, a su vez, el que menos contenido de humedad posee.

En el análisis de la influencia de la temperatura y humedad del suelo en la producción primaria en función de los resultados de altura de planta y rendimiento de materia seca durante el ciclo de vida evaluado se observó que la temperatura de los suelos que sostiene a *B. mutica* y *S. sphacelata* son similares y menores que la del pasto *M. minutiflora*. Con respecto a la humedad del suelo no se encontró diferencias estadísticas; sin embargo, se observa una tendencia en el suelo del *B. mutica* a presentar mayor contenido de humedad. Así mismo, se observó mejor cobertura de *B. mutica*, seguido de *S. sphacelata* y de *M. minutiflora*. Un buen nivel de cobertura influye positivamente, particularmente en la conservación de la humedad del suelo y la producción primaria (Zapata, 2010).

En general, la temperatura y precipitación influyen significativamente sobre la producción de biomasa de especies tropicales (Blanco, 1990; Rosemberg *et al.*, 1990). Además, la temperatura puede afectar el desarrollo vegetativo del cultivo, inducción floral, formación y maduración de las semillas acelerando la tasa de procesos metabólicos hasta dos veces por cada 10 °C de incremento de temperatura (Loch, 2004). La producción de biomasa aérea de las especies evaluadas estuvo aparentemente influenciada por los patrones de temperatura y humedad, observándose una relación directamente proporcional a la humedad del suelo y una aparente relación inversa con la temperatura del suelo.

Progreso Fenológico y Valor Nutritivo del Forraje

Proteína cruda (PC)

El contenido promedio de PC de *B. mutica*, *S. sphacelata* y *M. minutiflora* fue estadísticamente diferente ($p < 0.05$). La mayor cantidad de PC promedio de las tres etapas fenológicas fue alcanzada por *S. sphacelata* (7.45%), seguida por *B. mutica* (6.83%) y *M. minutiflora* (5.83%). Los estados fenológicos (Cuadro 1) influyeron significativamente sobre el contenido de PC ($p < 0.05$).

El mayor porcentaje de PC en las tres especies se observó en la etapa de botón floral (*B. mutica* 9.4%, *S. sphacelata* 9.0%; *M. minutiflora* 7.0%), disminuyendo con el avance de la madurez. No obstante, *S. sphacelata* muestra haber mantenido el mejor porcentaje de proteína (6.0%) comparada con *B. mutica* y *M. minutiflora* que reducen en mayor magnitud el contenido de PC (4.35 y 3.75%, respectivamente) en la etapa de maduración de semilla (Figura 4). En general, se observa que, en la etapa de botón floral y maduración de semilla, la diferencia en PC entre especies es mayor que en la etapa de inicio de floración.

Cuadro 1. Edad de botón floral, inicio de la floración y maduración de las especies

Especie	Edad (meses)		
	Botón floral	Inicio de floración	Maduración de semilla
<i>Setaria sphacelata</i>	5	6	7
<i>Brachiaria mutica</i>	6	7	8
<i>Melinis minutiflora</i>	7	8	9

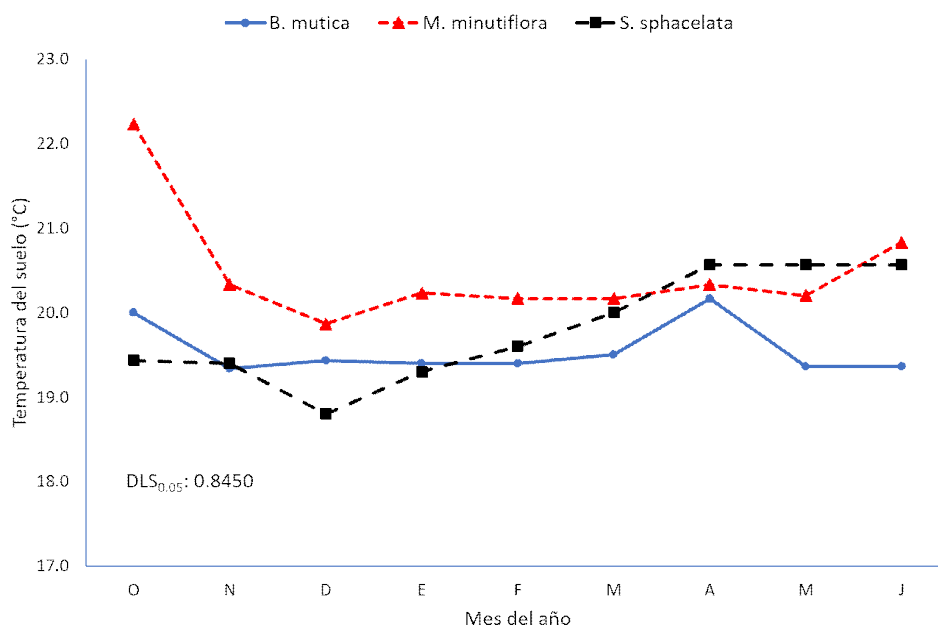


Figura 2. Variaciones mensuales de la temperatura del suelo que sustenta a tres especies de gramíneas tropicales en Oxapampa, Perú

El contenido promedio de proteína encontrado en el pasto *Brachiaria*, es superior a los reportados en Colombia por Valdivia *et al.* (1971) y Trujillo *et al.* (1986), con valores que varían desde 9% hasta 4.5% en los 30 y 75 días de rebrote, respectivamente. A su vez, Martins *et al.* (2004) reportan valores de hasta 12%, pero sin indicar la edad de rebrote. En la costa peruana se reportan valores inferiores, aún con el uso de fertilización y riego en periodos de crecimiento menores a 77 días (Chauca, 1971; Abaunza *et al.*, 1991). Estos autores coinciden al señalar que en la época de menor precipitación pluvial existe una

menor concentración de proteína debido a que coincide con la etapa de maduración y acumulación de material fibroso.

Los resultados para *M. minutiflora* están dentro de los rangos hallados por Hubbell (1980) de 4-14% de PC, valores que varían en función de la edad de la planta y factores abióticos. Por otra parte, Romero y Mattera (2011) reportan que el contenido de proteína varía entre 8 y 10% para *S. sphacelata*, pero en estadios vegetativos tiernos puede llegar a 15% y disminuir en estadios maduros hasta 4%. Sánchez (2011), con fertilización a base

Producción y valor nutricional de tres gramíneas tropicales

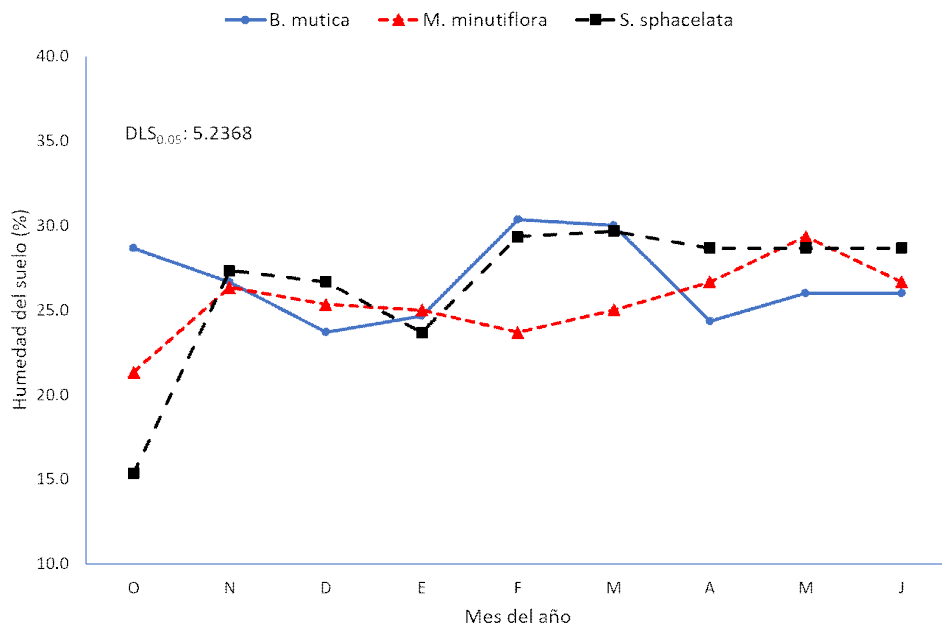


Figura 3. Fluctuaciones mensuales en la humedad del suelo que sustenta a tres especies de gramíneas tropicales en Oxapampa, Perú

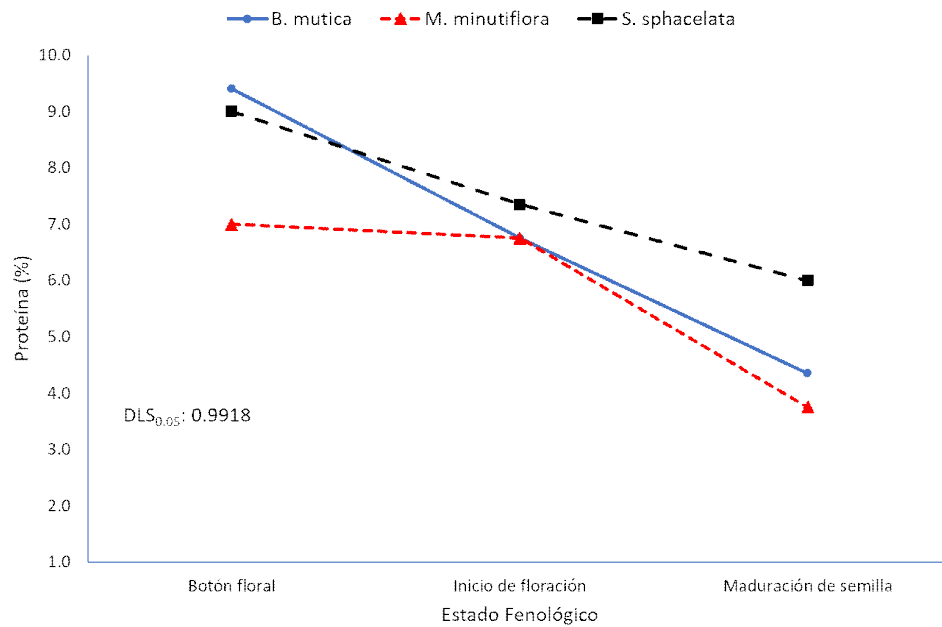


Figura 4. Variación del contenido de proteína cruda en tres estados fenológicos de tres especies de gramíneas tropicales en Oxapampa, Perú

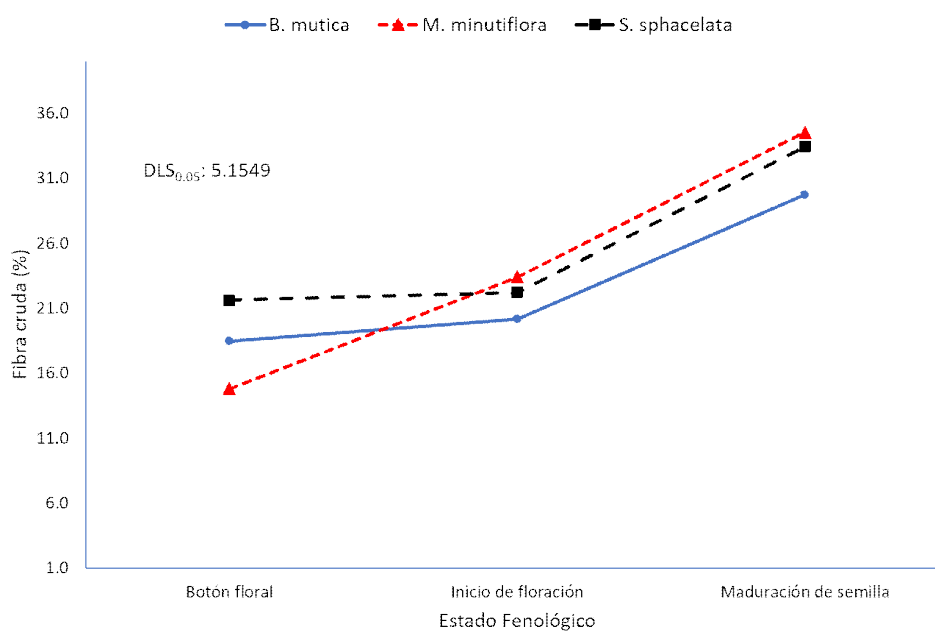


Figura 5. Efecto de estados fenológicos sobre el contenido de fibra cruda de tres especies de gramíneas tropicales en Oxapampa, Perú

de NPK en Ecuador reportó valores de 17.5, 16.3 y 15.0% de PC a los 120, 135 y 150 días de corte, respectivamente. De igual forma, Gerdes *et al.* (2000) encontró para *S. sphacelata* que el contenido de PC de planta entera, hojas y tallos cortados a los 35 días fue de 7.5%. En tanto, Heuzé y Trang (2017) encontraron valores de 9.1% de PC para la misma especie, mientras que Chuquimarca (2016) encuentra 14.6% de PC con la aplicación de micorrizas, demostrando el potencial nutricional de esta especie.

Fibra cruda (FC)

No se observó diferencia estadística en el contenido promedio de fibra cruda entre las gramíneas evaluadas (*B. mutica* 22.78%, *M. minutiflora* 24.24%, *S. sphacelata* 25.74%). Las etapas fenológicas influyeron significativamente en el porcentaje de fibra acumulado ($p < 0.01$). La Figura 5 muestra que *M. minutiflora* incrementa su contenido de fibra más rápidamente en comparación a *S. sphacelata* y *B. mutica*.

Los valores de fibra cruda encontrados en este estudio son relativamente bajos comparados con los valores de Romero *et al.* (2016), quien encontró 67.26% de fibra cruda en *B. mutica* en plena floración. Por su parte, Llanca *et al.* (2017) encontraron valores de 27.9% de fibra cruda para *S. sphacelata*. En cambio, los valores de fibra cruda del presente estudio son inferiores a los reportados de 79, 80 y 85% en pasto *B. mutica* por Gutiérrez (1999), como resultado de una frecuencia de corte de 30, 60 y 90% del total de la planta en etapa madura. Sin embargo, para *S. sphacelata*, Sánchez (2011) reporta valores de 35.20, 31.74 y 35.87% de fibra cruda a los 120, 135 y 150 días, respectivamente.

Romero y Mattera (2011) reportan ligeros aumentos de fibra cruda en *S. sphacelata* a medida que la planta avanza en edad, mostrando valores de 30.1, 31.5, 32.2% de fibra cruda en los días 28, 42 y 168, respectivamente. Por otro lado, Heuzé y Trang (2017) reportaron 34.3% de fibra cru-

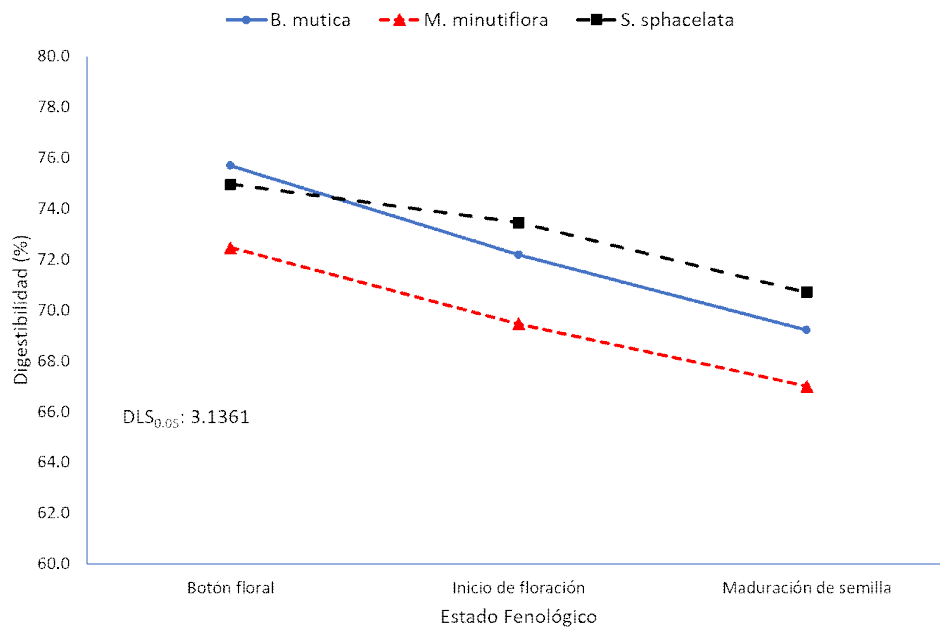


Figura 6. Efecto del estado fenológico sobre la digestibilidad de tres especies de gramíneas tropicales en Oxapampa, Perú

da en *S. sphacelata* a los 35 días de corte. Cabe resaltar que *B. mutica* incrementa en menor grado el contenido de fibra cruda.

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

El porcentaje promedio de digestibilidad de las especies estudiadas muestra diferencia estadística ($p < 0.05$). *S. sphacelata* y *B. mutica* mostraron porcentajes estadísticamente superiores de digestibilidad promedio que *M. minutiflora*. *S. sphacelata* mostró una digestibilidad de 73% para los tres estados fenológicos, *B. mutica* de 72% y *M. minutiflora* de 70%. El análisis de la interacción de especies por estados fenológicos muestra diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), donde el patrón general es de una reducción en la digestibilidad con el avance de la fenología. Los valores más bajos correspondieron a *M. minutiflora*, seguido del *B. mutica* y *S. sphacelata* (Figura 6).

Los resultados de digestibilidad de *B. mutica* en este estudio fueron superiores (72.4%) a los valores de 58-62% reportados por Abaunza *et al.* (1991). Por su parte, Martins *et al.* (2004) reportan valores de 70%, mientras que Posada (2011) reporta valores de 55.8% en *B. mutica*. Por otro lado, *M. minutiflora* alcanzó valores de 69.6% de digestibilidad en este estudio, siendo mayores a los reportados por Peters *et al.* (2010) con valores de hasta 55% de digestibilidad máxima, dependiendo del estado fenológico de la planta. *S. sphacelata* alcanzó valores de 73.0% de digestibilidad en este estudio, siendo ligeramente inferiores a los reportados por Valdivia *et al.* (1971) de 75.8% a los 63-67 días de edad. Asimismo, Avellaneda (2015) encontró valores similares (78.42, 74.48 y 72.24% a los 35, 45 y 55 días de edad, respectivamente).

Los resultados de digestibilidad fueron superiores al 58-62% hallado por *Abaunza et al.* (1991) y de hasta 70% en *B. mutica* por *Martins et al.* (2004). Asimismo, *Posada* (2011) reporta valores de 55.8% de digestibilidad para *B. mutica*. De otro lado, el porcentaje de digestibilidad del presente estudio fue inferior al 75.8% reportado por *Valdivia et al.* (1971), debido a que fue medido en plantas jóvenes de 63-77 días y en otras condiciones de clima y suelos.

En términos generales la especie con mayor valor nutritivo fue el pasto *S. sphacelata*, con de 7.45, 25.7 y 73 % para proteína cruda, fibra cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica respectivamente, seguido por *B. mutica* (6.83, 22.8 y 72.4%, respectivamente) y *M. minutiflora* (5.83, 24.2, 69.6%, respectivamente). Respecto a los estados fenológicos, los resultados corroboran que la calidad decrece con la edad de la planta, siendo más acelerado estos cambios en *M. minutiflora*.

CONCLUSIONES

- *Brachiaria mutica* alcanza el mayor rendimiento de materia seca (8978 kg/ha), seguido de *Setaria sphacelata* (5755 kg/ha) y *Melinis minutiflora* (4338 kg/ha).
- *M. minutiflora* es una gramínea de bajo rendimiento y calidad nutricional, pero se adapta bien a suelos secos, además contiene mayor porcentaje de materia seca y periodo de crecimiento de hasta 9 meses.
- La producción aérea muestra una relación directamente proporcional a la humedad del suelo y una aparente relación inversa con la temperatura del suelo.
- El mayor contenido de proteína cruda fue alcanzado por *S. sphacelata* (7.45%), seguida de *B. mutica* (6.83%) y *M. minutiflora* (5.83%).

- Las tres especies mostraron valores similares de fibra (22.78-22.70%), valores que se reflejaron en la digestibilidad (71-73%).

LITERATURA CITADA

1. **Abaunza M, Lascano C, Giraldo H, Toledo J. 1991.** Valor nutritivo y aceptabilidad de gramíneas forrajeras tropicales en suelos ácidos. *Pasturas Trop* 13(2): 2-8.
2. **Alvim J, Botrel D, Novelly E. 1986.** Produção de gramíneas tropicais e temperadas, irrigadas na época da seca. *Rev Soc Brasileira Zootec* 15: 384-392.
3. **AOAC. 1984.** Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 12th ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists. 1141 p.
4. **Avellaneda J. 2015.** Comportamiento agronómico, composición química y degradabilidad ruminal *in situ* del pasto miel (*Setaria sphacelata*), Cantón Pangua provincia de Cotopaxi. Tesis de Maestría. Sangolquí: Univ. de las Fuerzas Armadas. 145 p.
5. **Blanco J. 1990.** Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Peroto, Bolivia. I Reunión Red Internacional de Pastos Tropicales. Lima, Perú.
6. **Bogdan V. 1997.** Pastos tropicales y plantas forrajeras. México: AGT. 461 p.
7. **Borrajo C, Pizzio R. 2006.** Manual de producción y utilización de *Setaria*. Proyecto ganadero de Corrientes. 11 p. [Internet]. Disponible en: http://www.produccionbovina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/178-Manual_Setaria.pdf

8. **Carámbula M. 1996.** Pasturas naturales mejoradas. Montevideo: Hemisferio Sur. 524 p.
9. **Calderón E. 2015.** Utilización de diferentes té de estiércol en la producción de *Setaria sphacelata* (pasto Miel). Tesis de grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 138 p.
10. **Costa N, Gonzales C, Da Cruz J. 1990.** Introducción y evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Curo Preto D'Oeste. En: I Reunión Red Internacional de Pastos Tropicales. Lima
11. **Chauca L. 1971.** Diferentes niveles de fertilización e intervalos de corte y su influencia en la calidad de pasto pangola (*Digitaria decumbens* Stent). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nacional Agraria La Molina. 71 p.
12. **Chuquimarca E. 2016.** Efecto de diferentes niveles de micorriza más la adición de una base estándar de humus en la producción primaria forrajera de la *Setaria sphacelata* (pasto miel). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 101 p.
13. **Cuadrado H, Torregraza L, Jiménez N. 2004.** Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. MVZ Córdoba 9: 438-443.
14. **Gerdes L, Werner J, Colozza M, Possenti R, Schammas E. 2000.** Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e Tanzânia nas estações do ano. Rev Bras Zootec 29: 955-963. doi: 10.1590/S1516-35982000000400003
15. **Gutiérrez BC. 1999.** Efectos de la intensidad y frecuencia de corte y rendimiento y valor nutritivo de *B. mutica*. Tesis de Maestría. Lima: Univ. Nacional Agraria La Molina. 66 p.
16. **Harvard-Duclos B. 1969.** Las plantas forrajeras tropicales. España: Ed. Blume. 380 p.
17. **Heuzé V, Trang G 2017.** *Setaria gigante (Setaria sphacelata* var. *splendida*). Instituto Nacional de Investigación Agronómica. Fedipedia. [Internet]. Disponible en: <http://www.feedipedia.org/node/380>
18. **Hoffmann A, Lucatelli M, Silva J, Azevedo N, Marinho S, Albuquerque M, Lopes A, Moreira P. 2004.** Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna forest ecotone in the Brazilian Cerrado. Diversity Distrib 10: 99-103.
19. **Hubbell D. 1980.** Técnicas agropecuarias aplicadas a zonas tropicales. México: Ed Trillas. 369 p.
20. **Imbaquingo E, Naranjo D. 2010.** Comportamiento inicial de aliso (*Alnus nepalensis* D. Don) y cedro tropical (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight y Arn), asociados con brachiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf) y pasto miel (*Setaria sphacelata* (Schumach) Stapf y CE Hubb). Tesis de Ingeniero Forestal. Univ. Técnica del Norte. 63 p.
21. **Ira J. 1979.** Handbook of tropical forage grasses. New York: Garland SIPM Press. 101 p.
22. **[IUCN] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2016.** Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas. Serie técnica: gobernanza forestal y economía 3: 284 p.
23. **Juárez C. 2016.** Efecto de dos enmiendas cálcicas y dos abonos orgánicos en el rendimiento de la especie forrajera *Setaria sphacelata* nicarion, Molino-pampa-Chcachapoyas-Amazonas 2015. Tesis de grado. Chachapoyas: Univ. Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. 93 p.
24. **León R. 2008.** Pastos y forrajes producción y manejo. 2° ed. Quito, Ecuador: Ediciones Científicas Agustín Álvarez. 251 p.

25. **Llamas O, Leonhard A, Yfrán M, Pereira M, Bernardis C, Fernández A. 2017.** Evaluación de la fertilización nitrogenada sobre la producción y el valor nutritivo de *Setaria sphacelata* cv. Narok. *Agrotecnia* 24: 17-21.
26. **Llanca L, Pérez H, Mestanza C, López R, Quintana J. 2017.** Influencia de los sistemas de producción y pisos altitudinales en la composición bioquímica y rendimiento del pasto nicarión (*Setaria sphacelata*). *Rev Invest Agroprod Sustentable* 1(2): 9-16.
27. **Loch D. 2004.** Seed formation, development, and germination in tropical and subtropical species. Wallingford, Oxon, UK: CAB International. 89 p.
28. **Martínez M. 1971.** Calibración y comparación de algunos métodos para la determinación de humedad del suelo. Tesis de Maestría, Chapingo, México: Univ. Nacional Autónoma de Chapingo. 120 p.
29. **Martins C, Leonel L, Haridasan M. 2004.** Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperacao de áreas degradadas em unidades de conservacao. *R Árvore Vicosa-MG* 28: 739-743.
30. **Mas C. 2007.** *Setaria sphacelata*. Una gramínea a tener en cuenta. *Rev INIA* 10: 33-36.
31. **Nuñez J. 2017.** Perfil alimentario y plan de pastoreo para la producción lechera con pasturas *Panicum maximum* Jacq. Tesis de Maestría. Lima: Univ. Nacional Agraria La Molina. 47 p.
32. **Peters M, Franco L, Schmidt A, Hincapié B. 2010.** Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del trópico americano. Cali, Colombia: CIAT. 213 p.
33. **Posada R. 2011.** Comparación de dos métodos *in vitro* para estimar la digestibilidad de pastos tropicales en ruminantes. *Rev Citecsa* 2(2): 13-24.
34. **Ramírez O, Hernández A, Carneiro S, Pérez J, Francisco J, Raymuno A, Guadalupe J, Cervantes A. 2009.** Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Téc Pec Mex* 47: 203-213.
35. **Romero O, Romero P, Hernández G, Morales G. 2016.** *Brachiaria mutica* como alternativa en la alimentación del ganado bovino en el Rancho Santa Elena Palizada, Campeche. Tesis de grado. México: Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro. 45 p.
36. **Romero J, Mattera J. 2011.** Rendimiento y calidad del forraje de forrajeras megatérmicas bajo distintas frecuencias de defoliación. *Ganadería Técnicos*.
37. **Rosemberg M, Malpartida E, Gomez A. 1990.** Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Satipo, Junín-Perú. I Reunión Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Lima, Perú.
38. **Sánchez J. 2011.** Establecimiento de una pradera de *Setaria splendida* (*Setaria sphacelata*) para corte, en la finca Punzara de la Universidad Nacional de Loja. Tesis de Maestría. Loja: Univ. Nacional de Loja. 93 p.
39. **Tilley M, Terry A. 1963.** A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass Forage Sci* 18: 104-111. doi: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
40. **Trujillo G, Posada J, Sierra O. 1986.** Efecto de la edad de rebrote en la calidad nutritiva de *B. decumbens*. *Pasturas Trop* 8: 7-9.
41. **Trujillo A, Uriarte G. 2011.** Valor nutritivo de las pasturas. Departamento de producción animal y pasturas. Universidad de la República, Uruguay. [Internet], [15 mayo de 2014]. Disponible en: <http://prodanimal.fagro.edu.uy>

42. **Valdivia R, Barua J, Clavo N, Campos L, Villaroel C. 1971.** Energía digestible y nivel de consumo de forrajes tropicales. En: II Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal – ALPA. Colombia.
43. **Zambrano R. 1995.** Informe sobre pastos y forrajes. Lima: Ministerio de Agricultura.
44. **Zapata A. 2010.** Efecto del guácimo (*Guazuma ulmifolia*), carao (*Cassia grandis*) y roble (*Tabebuia rosea*) sobre la productividad primaria neta aérea y composición florística de pasturas naturales en Muy Muy y Matiguás, Nicaragua. Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. 153 p.
45. **Zuloaga O, Morrone O, Davidse G, Filgueiras S, Peterson M, Soreng J, Judziewicz J. 2003.** Setaria. In: Catalogue of New World Grasses (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae, and Danthonioideae. Contr U.S. Natl Herb 46: 569-593.