

COMPORTAMIENTO GERMINATIVO Y POTENCIAL FORRAJERO DE *SETARIA MAGNA* (POACEAE)

LORENA del R. MARINONI¹, JUAN M. ZABALA², ELIANA de L. EXNER¹ y JOSÉ F. PENSIERO¹

Summary: Germinative behavior and forage potential of *Setaria magna* (Poaceae). *Setaria magna* Griseb. is an American species that grows well in damp, swampy environments either in fresh or salt water. It is an annual, grass with vigorous plants in their natural habitat. In this study the germinative behavior as well as the forage potential of this species were evaluated. Caryopses viability and their germination ability at different temperature regimes were analyzed, by means of different scarification treatments and temperatures from diverse environments and harvest times. Morphological and productive traits in genotypes of a population in vegetative and reproductive states were evaluated in field. Results showed that caryopses viability remained the same during the first year after harvest and then decreased. Covered caryopses did not germinate at any of the temperatures tested, which suggests dormancy, whereas in naked caryopses alternating temperature allowed a greater percentage and velocity of germination. Some morphological traits differed significantly among genotypes on the vegetative state, while no differences were found regarding reproductive state. Biomass quality varied between genotypes and states and proved to be similar to that cited for other widely cultivated species of the same cycle. The results obtained suggest the possibility of domestication of this species.

Key words: Forage potential, germination, dormancy, productivity, selection, domestication.

Resumen: *Setaria magna* Griseb. es una especie americana que crece en ambientes húmedos y pantanosos de agua dulce o salada. Es una gramínea anual y de ciclo estival, con plantas vigorosas en su ambiente natural. En el presente trabajo se evaluó su comportamiento germinativo y potencial forrajero. Se analizó la viabilidad de las cariopsis y su germinación con diferentes tratamientos de escarificación y temperaturas provenientes de diversos ambientes y años de cosecha. Se caracterizaron morfológica y productivamente a campo, al estado vegetativo y reproductivo. Los resultados mostraron que la viabilidad de las cariopsis se mantiene durante el primer año para luego decrecer. Las cariopsis cubiertas no germinaron a ninguna de las temperaturas ensayadas, sugiriendo la presencia de dormición, mientras que en cariopsis desnudas la alternancia de temperatura permitió aumentar el porcentaje y la tasa de germinación. Algunos caracteres morfológicos difirieron significativamente entre genotipos al estado vegetativo, mientras que ninguna diferencia fue hallada al estado reproductivo. La calidad de la biomasa difirió entre genotipos y estados fenológicos y resultó ser semejante a la citada para especies ampliamente cultivadas de igual ciclo. Los resultados obtenidos sugieren la posibilidad de domesticación de la especie.

Palabras clave: Potencial forrajero, germinación, dormición, productividad, selección, domesticación.

INTRODUCCIÓN

La domesticación de especies del género *Setaria* se inició hace 6000 y 9000 años AC en Eurasia y en América, respectivamente (Callen, 1967; Li & Wu,

1996). Entre las especies forrajeras domesticadas del género se destaca *S. italica* (L.) P. Beauv. (moha de Hungría), por ser de ciclo anual, de rápido crecimiento y buena producción estival temprana de biomasa de calidad la que puede ser utilizada a través de pastoreos directos o como recurso invernal a través de la confección de heno o silo (Josifovich & Echeverría, 1971).

Setaria magna Griseb. (conocida por su nombre vulgar en inglés como “giant bristlegrass”) es una especie anual, de metabolismo C4, vigorosa, con

¹ Cátedra de Botánica Sistemática Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral (FCA-UNL). Luis Kreder 2805 (S3080HOF), Esperanza, Santa Fe, Argentina. marinonilorena@hotmail.com

² Cátedra de Genética y Mejoramiento Vegetal y Animal. FCA. UNL.

potencialidad desde el punto de vista forrajero (Pensiero, 1999). Es originaria del sureste de Estados Unidos de América, donde crece en lugares húmedos y pantanos, de agua dulce o salada, a lo largo de la costa (Hitchcock, 1951), hallándose además en México, Centro América e Islas del Caribe (Rominger, 1962). En Sudamérica su distribución es más restringida y fue reportada con escasas colecciones para Colombia, Venezuela, Guayana Francesa, Surinam, Bolivia, Brasil y N de Argentina (Pensiero, 1999, 2003). En nuestro país las colectas realizadas de esta especie son muy escasas y, si bien siempre se la ha hallado en lugares de suelos bajos, inundables y en embalsados, su distribución, en principio, no presenta un patrón definido (Pensiero, 1995). Recientemente se ha estudiado la biología reproductiva de esta especie (Aliscioni *et al.*, 2011), señalándose la ausencia de mecanismos de autoincompatibilidad y a la autogamia como sistema reproductivo dominante.

Las plantas poseen innovaciones intravaginales y cañas erguidas que pueden alcanzar 4 m de alto y 2 cm de diámetro. Las hojas poseen láminas de 40 a 90 cm de largo y 2,5 a 3,5 cm de ancho mientras que la panoja puede alcanzar hasta 60 cm de largo (Pensiero, 1999). No obstante el rápido y exuberante crecimiento de esta especie, que permite una gran producción de biomasa, aún no se ha investigado sobre sus potencialidades como forrajera.

En gramíneas silvestres, y en particular algunas especies de este género, el comportamiento germinativo se halla fuertemente afectado por el ambiente materno y la dormición seminal (Baskin & Baskin, 1998; Dekker, 2003; Exner *et al.*, 2007; Pensiero *et al.*, 2011). Bazzaz (1979) señala que las especies no domesticadas poseen variados mecanismos de dormición seminal, entre ellos, las estructuras que protegen a la semilla pueden interferir con la absorción de agua e intercambio gaseoso (West & Marousky, 1989) o contener inhibidores que afecten en distinto grado a la germinación (Ahring *et al.*, 1975). En otras especies del género *Setaria*, la rotura de las envolturas que protegen la cariopsis permitió aumentar la germinación de las mismas (Heise, 1941; Peters & Yokum, 1961; Rost, 1975; Dekker *et al.*, 1996; Exner *et al.*, 2007). La temperatura óptima de germinación en especies del género está en función del grado de dormición que poseen sus

cariopsis (Dekker, 2003). En algunas especies las temperaturas óptimas son constantes (Norris & Schoner, 1980; Blackshaw *et al.*, 1981; Manthey & Nalawaja, 1987), mientras que en otras, la alternancia de temperatura favorece la germinación (Anderson, 1968; James, 1968). En especies del género *Setaria*, los patrones de diversidad genética para dormición seminal se caracterizan por una baja diversidad intrapoblacional (Cohen, 1966; Philippi & Seger, 1989) y alta diversidad interpoblacional (Wang *et al.*, 1995a, 1995b). El conocimiento de los efectos del ambiente materno y de la dormición seminal sobre el comportamiento germinativo es relevante en los planes de domesticación (Casler & Van Santen, 2010). En relación con esto es escasa la información disponible para *S. magna*. Pensiero (1995) halló un 42,3% de germinación a temperatura constante de 28°C en cariopsis con envolturas en una población procedente del departamento Ledesma, provincia de Jujuy.

Aunque numerosas gramíneas nativas de Argentina constituyen un recurso forrajero valioso, son escasas las especies que se han introducido al cultivo (Deregibus, 1994). Dada la característica netamente pastoril de la producción ganadera en Argentina, es importante la caracterización y evaluación de germoplasma para la domesticación de especies adaptadas a nuestras condiciones agroecológicas (Bazzigalupi *et al.*, 2008). En algunas especies de *Setaria* existe una correlación positiva entre la altura del vástago y la acumulación de biomasa forrajera (Jank *et al.*, 2007). Casler (1998) sugiere que la alta heredabilidad del carácter altura de planta permitiría seleccionar indirectamente por caracteres menos heredables como la producción de forraje. Estudios sobre *S. lachnea* (Nees) Kunth revelaron la existencia de variabilidad intrapoblacional para perímetro y altura de mata (Exner, 2012) y producción de forraje (Giavedoni *et al.*, 1996; Exner, 2012). Del mismo modo, el comienzo del período reproductivo es un carácter objeto de selección en programas de mejoramiento de especies forrajeras (Allard, 1999), debido a que reduce la digestibilidad y calidad del forraje (Guaita *et al.*, 1989; West & Pitman, 2001). En tal sentido Pensiero *et al.* (2011) hallaron variabilidad intrapoblacional para dicho carácter en *S. lachnea*.

Por lo dicho, en el presente trabajo se evalúa el comportamiento germinativo de una población

nativa de *S. magna* y se analiza la variabilidad intrapoblacional en caracteres morfológicos y productivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se estudió una población identificada con el número “8165” correspondiente número de colección del catálogo del Dr. J. F. Pensiero, cuyo material de referencia se encuentra conservado en el Herbario “Arturo E. Ragonese” de la Facultad de Ciencias Agrarias (SF). Dicha población fue colectada en los esteros del Río Santa Lucía, provincia de Corrientes, Dpto. Mburucuyá (28° 02' 55" S, 58° 11' 37,6" W), Argentina.

Análisis del comportamiento germinativo

Se utilizaron muestras masales de semillas de la población en estudio cosechadas en diversos ambientes, durante el mes de marzo (Tabla 1). Dos cosechas fueron realizadas en su lugar de origen (Santa Lucía) en 2007 y 2009, otras procedieron de plantas cultivadas en el Jardín de Introducción de la Facultad de Ciencias Agrarias –UNL– (Esperanza, 31° 26' 39" S, 56° 24' 75" W) en 2009 y 2010 y una muestra masal de semillas procedentes del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía –UBA– (Buenos Aires, 34° 35' 88" S, 58° 28' 19" W) en 2008. Todas las semillas fueron conservadas en la FCA-UNL en cámaras a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y a humedad relativa entre 50-60%. Al momento del ensayo las semillas cosechadas en 2007, 2008 y 2009 tenían

tres, dos y un año de conservadas, respectivamente. Mientras que las cosechadas en 2010 tenían tres meses de conservación.

Los ensayos de germinación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Biología Aplicada y Biotecnología, de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNL), durante junio y julio de 2010. Se determinó la viabilidad de embriones de las cariopsis utilizando un ensayo topográfico de viabilidad por tetrazolio, basado en el cambio de coloración de las estructuras seminales cuando existe actividad respiratoria en las células vivas. Para ello se utilizó una variante de la técnica propuesta para *S. italica* (Aranguren, 1997), pues no existe un protocolo desarrollado para *S. magna*. Una muestra de 50 cariopsis vestidas (con lemma y pálea) por tratamiento fueron colocadas (año y lugar de cosecha), en cajas de Petri con papel absorbente húmedo durante 24 horas. Posteriormente, se les efectuó un corte transversal en el extremo opuesto al embrión y se colocaron en recipientes oscuros con solución de tetrazolio al 1% durante 48 horas a 28°C . Cumplido el plazo, fueron enjuagadas con agua corriente y se practicó un segundo corte longitudinal. Se observó la coloración del embrión de ambas mitades con microscopio estereoscópico, comparándolas con la guía gráfica desarrollada por Aranguren (1997) para *Setaria italica*.

Para el análisis de la respuesta germinativa se evaluaron tres factores: ambiente de cosecha (diferentes lugares y años de cosecha), el efecto de las envolturas seminales (lemma y pálea) y temperatura. Para la evaluación del efecto de las envolturas se llevaron a cabo dos tratamientos: a)

Tabla 1: Datos agrometeorológicos de ambientes maternos.

Ambientes	Pacum (mm)	TMnov (°C)	TMdic (°C)	TMene (°C)	TMfeb (°C)	TMmar (°C)
SL 2007 *	825,6	23,4	27,1	26,9	26,8	25,8
FAUBA 2008 **	222,7	18,6	22,9	24,6	24,4	21
FCA-UNL 2009 ***	422	24,8	26	25,9	24	23,6
SL 2009 *	377,9	24,7	26,3	25,9	26,1	26,1
FCA-UNL 2010 ***	876	24,4	24	26,5	23,2	21,23

Referencias: * Sección de Agrometeorología, EEA INTA Bella Vista. ** Cátedra de Cereales, FAUBA. *** Cátedra de Agrometeorología, FCA-UNL.

SL 2007: Santa Lucía, año 2007. **FAUBA 2008:** Facultad de Agronomía (UBA), año 2008. **FCA-UNL 2009:** Facultad de Ciencias Agrarias (UNL), año 2009. **SL 2009:** Santa Lucía, año 2009. **FCA-UNL 2010:** Facultad de Ciencias Agrarias (UNL), año 2010. **P_{acum}:** precipitación acumulada durante el período de crecimiento (noviembre- marzo). **TM_{mes}:** temperatura mensual media.

testigo: espiguillas sin escarificar y b) *escarificado*: las espiguillas recibieron un escarificado manual con lija (número 62). Las cariopsis escarificadas (i.e., sin glumelas) fueron seleccionadas con lupa para asegurar la integridad de los embriones, debido a que el método produce un gran porcentaje de daño en éstos (Matus-Cádiz & Hucl, 2005). Con el fin de evaluar la respuesta germinativa a la temperatura, se llevaron a cabo los siguientes tratamientos: a) constante a 28°C; b) constante 35°C y c) alternancia 20-30°C (16 horas a 20°C y 8 horas a 30°C). Las evaluaciones se realizaron en estufas y cámara de crecimiento, en condiciones de oscuridad.

Previo a la siembra las cariopsis fueron desinfectadas con una solución de Hipoclorito de Sodio al 0,6% de Cloro (Cl) durante 2 minutos y posteriormente enjuagadas con abundante agua corriente. Las cariopsis fueron sembradas en cajas de Petri con tres papeles de filtro y humedecidos con agua destilada. Fueron analizadas 4 repeticiones de 25 semillas por tratamiento. Los recuentos de germinación se efectuaron a los 3, 5, 7, 14, 21 y 28 días, considerándose “inicio de germinación” cuando la radícula poseía un largo mínimo de 2 mm. Se evaluó, para cada tratamiento, el porcentaje final de germinación y la tasa de germinación a través del índice de Maguire (1962).

Un diseño factorial se utilizó para evaluar el efecto de las temperaturas (3), envolturas seminales (2) y los ambientes de formación de las semillas (5) y sus interacciones, a través de un ANOVA, previa verificación de normalidad y homogeneidad de varianza. Las diferencias de medias se analizaron a través del test LSD de Fisher ($P < 0,05$). Los datos fueron analizados con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2009).

Caracterización morfológica y productiva de genotipos al estado vegetativo y reproductivo

Semillas de 21 genotipos de la población en estudio, cultivados en 2009-2010 en el Jardín de Introducción de la FCA (UNL) y cosechadas en marzo de 2010, fueron sembradas en octubre de 2010 en macetas individuales en cámara de crecimiento a 25°C con fotoperíodo de 16 horas. Tres plantas por genotipo (repeticiones) fueron ubicadas en dos diseños completamente aleatorizados en el

Jardín de Introducción de la FCA (UNL) para su evaluación en cada estado fenológico. El trasplante se realizó al momento en que las plantas poseían 3 a 4 hojas, previa rustificación en invernadero durante dos semanas.

Los caracteres analizados en estado vegetativo y reproductivo fueron: altura de planta (cm), número de macollas, número medio de hojas por macolla, ancho medio de lámina de hoja intermedia (cm)³, longitud media de lámina de hoja intermedia (cm)³, diámetro medio de tallo (cm)³, diámetro de mata (cm), peso verde y seco de las fracciones hojas y tallos (g). En estado reproductivo, se registró además: ancho de lámina de hoja bandera (cm), longitud de lámina de hoja bandera (cm), excursión de la panoja (cm), longitud de panoja (cm), ancho de panoja (cm), peso verde y seco de panoja (g) y relación panoja/total de biomasa (%). Los valores promedios fueron estimados a partir de las mediciones de 3 macollas representativas.

Las mediciones al estado vegetativo se realizaron cuando las hojas basales manifestaban síntomas de senescencia, mientras que al estado reproductivo se registraron a la primera macolla con panoja completamente emergida, cuya hoja bandera exhibía la lígula.

La biomasa de cada unidad experimental se pesó en verde (PV) y posteriormente se llevó a estufa de secado a 60°C con aire forzado, hasta alcanzar peso constante para determinar el peso de la materia seca (MS).

La calidad del forraje se determinó a partir de la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la MS (%), el contenido de fibra detergente neutra (FDN en %) y de proteína bruta (PB en %), los cuales se realizaron en el Laboratorio de Producción Animal de la Estación Experimental INTA Rafaela. Estas determinaciones se efectuaron sobre genotipos que manifestaron diferencias significativas en la biomasa producida en ambos estados fenológicos.

Para cada una de las variables se realizó un ANOVA, previo test de normalidad y homogeneidad de varianza para determinar la existencia de diferencias genotípicas en cada una de las variables evaluadas. Con aquellas variables que mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) que permitió determinar: a) la variabilidad entre genotipos para el conjunto de variables de interés agronómico que mostraron diferencias

³ Tres macollas por planta fueron tomadas al azar y se promediaron las mediciones.

significativas entre materiales; b) el peso relativo de cada variable en la explicación de la variabilidad existente y c) la correlación entre variables. Los datos se analizaron con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS

Análisis del comportamiento germinativo

El test de viabilidad reveló que cariopsis conservadas bajo las condiciones anteriormente descritas disminuyen su viabilidad progresivamente hasta anularse a los tres años posteriores a cosecha (Fig. 1).

Para el ensayo de comportamiento germinativo no se utilizaron las cosechas 2008 y 2007 debido a su escasa y nula viabilidad, respectivamente. Las cariopsis sin escarificar no germinaron en ninguna de las temperaturas ensayadas. En cariopsis escarificadas no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$) entre los ambientes de cosecha. Por el contrario, se hallaron diferencias significativas en el porcentaje final ($P=0,02$) y tasa de germinación ($P=0,0001$) para los distintos tratamientos, a favor de la alternancia de temperaturas (Fig. 2). No obstante, el porcentaje final de germinación fue elevado en todos los tratamientos.

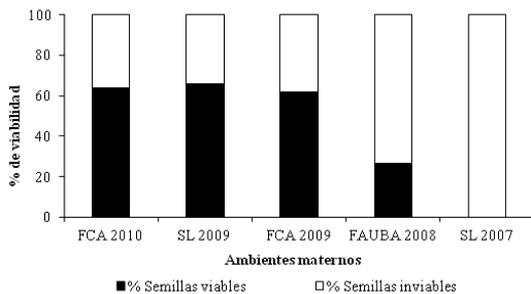


Fig. 1: Porcentaje de semillas viables e inviables de una población de *S. magna* cosechada en diversos ambientes. **FCA 2010:** Facultad de Ciencias Agrarias (UNL), cosecha 2010; **SL 2009:** Esteros del Río Santa Lucía, cosecha 2009; **FCA 2009:** Facultad de Ciencias Agrarias (UNL), cosecha 2009; **FAUBA 2008:** Facultad de Agronomía (UBA), cosecha 2008; **SL 2007:** Esteros del Río Santa Lucía, cosecha 2007.

Caracterización morfológica y productiva de genotipos al estado vegetativo y reproductivo

En estado vegetativo se hallaron diferencias significativas entre genotipos para cinco de las 11 variables evaluadas, diámetro de mata ($P=0,0034$), diámetro de tallo ($P=0,0277$), peso seco de hoja ($P=0,0046$), peso seco de tallo ($P=0,0014$) y biomasa total ($P=0,0021$). La altura media de plantas, la longitud y ancho de lámina fue de $122 \pm 18,6$ cm, $52,8 \pm 7,2$ cm y $2,8 \pm 0,3$ cm, respectivamente. Cada planta tuvo en promedio $6 \pm 1,6$ macollas, con un número medio de $7,3 \pm 0,9$ hojas por macolla.

En el ACP las tres primeras componentes explicaron el 96% de la varianza total (Tabla 2). La componente I (C1) discrimina genotipos en función de las cuatro variables bajo estudio. Se encontraron correlaciones significativas ($P<0,05$) y altas entre dichas variables (Tabla 3). Todos los genotipos forman un continuo sobre dicha componente, siendo los genotipos 1 y 11 los que mayores valores presentaron para todas las variables (Fig. 3). La componente II contrasta los genotipos principalmente en función del su diámetro de tallo, mientras que la componente III está representada principalmente por el diámetro de planta y biomasa foliar, no generando grandes diferencias entre genotipos.

Los valores de biomasa seca se mantuvieron en rangos de 12 a 48 gramos.planta⁻¹ para el genotipo de menor y mayor producción, respectivamente, mientras que el porcentaje de materia seca no

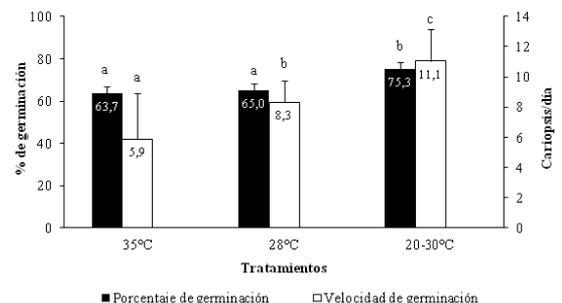


Fig. 2: Porcentaje final y tasa de germinación (media \pm d.e.) de *S. magna* a temperaturas constantes de 28°C y 35°C y alternancia de temperaturas a 20-30°C, para los valores promedios hallados entre los ambientes de cosecha. (En el extremo superior de las barras se indican los valores de cada serie para los distintos tratamientos).

Tabla 2: Autovectores y autovalores de la tres componentes principales para las cuatro variables que mostraron diferencias significativas entre genotipos de *S. magna*.

Carácter	Autovectores		
	C1	C2	C3
Diámetro de planta	0,5	-0,42	0,73
Diámetro de tallo	0,46	0,86	0,15
Peso seco de hoja	0,51	-0,25	-0,63
Peso seco de tallo	0,52	-0,12	-0,22
Autovalores	3,25	0,39	0,21
Proporción de la variabilidad explicada	0,81	0,1	0,05
Porcentaje acumulado	0,81	0,91	0,96

Referencias: Celdas sombreadas oscuras indican coeficientes de mayor peso en cada autovector.

difirió entre genotipos hallándose una media de 16 ± 1 % MS.

El ANOVA realizado para la caracterización al estado reproductivo reveló que no existen diferencias significativas entre genotipos de *S. magna* para la totalidad de las variables analizadas.

Tabla 3: Coeficientes de correlación entre las variables que difirieron significativamente entre genotipos de *S. magna*.

	DP	DT	PSH	PST
DP	1			
DT	0,64 (0,0139)	1		
PSH	0,79 (0,0008)	0,68 (0,0074)	1	
PST	0,81 (0,0004)	0,72 (0,0034)	0,84 (0,0001)	1

Referencias: Entre paréntesis valores de probabilidad. **DP:** Diámetro de planta; **DT:** Diámetro de tallo; **PSH:** Peso seco de hoja; **PST:** Peso seco de tallo.

La altura media de plantas florecidas resultó ser de $152,1 \pm 21,01$ cm, mientras que la longitud y el ancho medio de la lámina foliar fueron de $56,52 \pm 6,37$ cm y $3,12 \pm 0,42$ cm, respectivamente. La floración fue alcanzada en promedio a los $163 \pm 7,1$ días posteriores a la siembra. Si bien no se hallaron diferencias significativas en biomasa, los valores oscilaron entre 19 y 70,5 gramos.planta⁻¹, con un promedio de 27 ± 3 % de materia seca. El elevado contenido de materia seca se debe a que las plantas llegadas a ese estado poseen gran cantidad de material senescente de 78 ± 7 % de MS en promedio, llegando a constituir el 25 a 38% del total producida por planta.

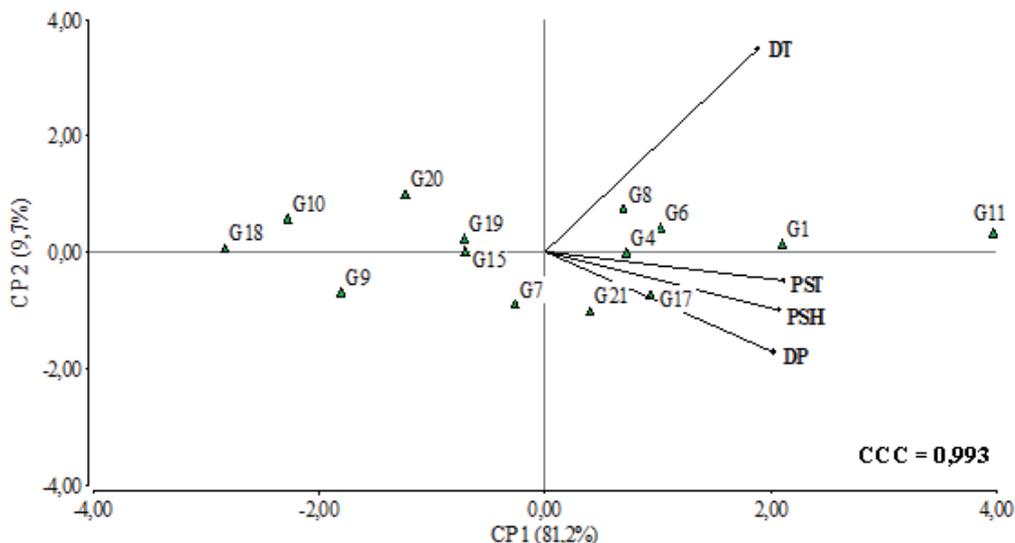


Fig. 3: Biplot de las componentes principales I (CP1) y II (CP2). Variables: **PSH:** Peso seco de hoja; **PST:** Peso seco de tallo; **DP:** Diámetro de planta; **DT:** Diámetro de tallo. **CCC:** Coeficiente de Correlación Cofenética.

No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de FDN entre genotipos y estado fenológico al momento del corte de biomasa, presentando en promedio $67,7 \pm 2,3\%$ de FDN. Sin embargo, el contenido de proteína bruta resultó ser significativamente diferente ($P=0,0007$) para los dos estados analizados, hallándose un porcentaje de $9,4 \pm 2,3\%$ PB al estado vegetativo, superior al determinado en fase reproductiva de $6,9 \pm 1,3\%$ PB. Por otro lado, la biomasa digestible varió significativamente entre genotipos ($P=0,0001$), existiendo interacción entre genotipos y estado fenológico al momento del corte ($P<0,0001$), destacándose el genotipo 11 con 65,2 y 60,1% de biomasa digestible al estado vegetativo y reproductivo, respectivamente, siendo los mayores valores hallados para el total de muestras evaluadas. En la Tabla 4 se muestran siete genotipos con valores extremos de biomasa de planta, diámetro de tallo, diámetro de mata y digestibilidad.

DISCUSIÓN

La viabilidad promedio de semillas de *S. magna*, para el primer año de cosecha (64%), resultó ser menor al porcentaje final de germinación obtenido en el mejor tratamiento de temperatura. Es además menor a la hallada por Pensiero *et al.* (2011) para *S. lachnea* (91,7%). Es necesario ajustar la técnica de evaluación de viabilidad para futuros ensayos. Esta subestimación de la viabilidad puede deberse a que si bien se aconseja la humidificación de semillas previo a la tinción con tetrazolio, Vertucci & Leopold (1984) sugieren que dicha humidificación

puede ralentizar el metabolismo y aumentar rápidamente la respiración, de modo que podría disminuir la reacción de reducción catalizada por deshidrogenasas que caracteriza al test de Tetrazolio. No obstante, es evidente una pérdida de viabilidad de las semillas de *S. magna* con el tiempo. Sin embargo, esta pérdida de viabilidad no puede ser atribuida sólo al tiempo transcurrido, dado que las condiciones de formación de la semilla (ambiente materno) fue diferente entre los distintos años de cosecha. Los resultados sugieren que las condiciones de almacenamiento a las que se sometieron las semillas solamente permiten conservar la viabilidad pocos años, siendo necesario a mediano y largo plazo la conservación en bancos de germoplasma.

La población analizada de *S. magna* posee dormición seminal impuesta por las glumelas. Esto se evidencia en la nula germinación de cariopsis sin escarificar, mientras que en cariopsis escarificadas la dormición no se manifiesta, debido a que germinaron en todas las temperaturas ensayadas. La lemma y pálea han sido asociadas con la dormición en numerosas gramíneas, inhibiendo la germinación de sus semillas (Simpson, 1990), y en particular en especies del género *Setaria* (Schrauf, *et al.*, 1998). La presencia de mecanismos que promueven la dormición de las semillas es un fenómeno frecuente en las especies silvestres (Heise, 1988) y permitiría garantizar mejores condiciones ambientales para el éxito de su perpetuación (Harper, 1977). Sin embargo, en la población analizada por Pensiero (1995) procedente de la provincia de Jujuy, se halló un porcentaje menor de dormición seminal

Tabla 4: Valores de diámetro de planta (DP), diámetro de tallo (DT), peso seco de hoja (PSH), peso seco de tallo (PST), biomasa total (BT) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) para siete genotipos contrastantes. Valores entre paréntesis indican el desvío estándar.

Genotipos	DP (cm)	DT (cm)	PSH (g)	PST (g)	BT (g)	DIVMS (%)
11	11,2	1,8 (0,2)	37,3 (10)	10,8 (2,4)	48,1 (9,5)	65,2 (0,5)
15	7,9 (0,81)	1,49 (0,1)	23,8 (2,2)	3,1 (0,6)	26,9 (2,2)	50,7 (3,2)
17	9,6 (1,5)	1,51 (0,2)	33,0 (9,2)	4,9 (2,9)	37,9 (12,1)	56,1 (2,9)
18	6,7 (1,7)	1,4 (0,1)	11,2 (7,1)	0,8 (0,4)	12,1 (7,4)	47,2 (3,2)
19	8,2 (1,6)	1,53 (0,03)	24,1 (5,6)	1,7 (0,4)	25,7 (5,3)	51,2 (3,4)
20	7,2 (1)	1,6 (0)	18,7 (8,5)	1,8 (1,7)	20,5 (9,3)	54,3 (6,6)
21	9,8 (1)	1,45 (0,2)	28,7 (16,4)	4,4 (3,6)	33,0 (19,8)	56,3 (6,3)

inmediatamente de cosechadas, que el encontrado en la población analizada en este trabajo. Pensiero (1995) obtuvo un valor de 43.7% de germinación final de cariopsis con glumelas recién cosechadas (aproximadamente 50% de dormición seminal si consideramos una viabilidad inicial elevada), mientras que la germinación de semillas en este ensayo fue nula (100% de dormición seminal). Los antecedentes de baja diversidad intrapoblacional para dormición seminal en especies del género *Setaria* (Cohen, 1966; Philippi & Seger, 1989), sumados al aquí presentado, sugieren la posibilidad de hallar variabilidad interpoblacional para la dormición seminal en *S. magna*, por lo que serán necesarios estudios de otras poblaciones para confirmarlo.

Los resultados de los análisis de germinación indican que la técnica de escarificación es necesaria para la germinación de las cariopsis de esta población, tal como ocurre en otras especies del género como *S. viridis* (L.) P. Beauv. (Heise, 1941), *S. lutescens* (Weigel) Hubb. (Rost, 1975), *S. lachnea* (Exner *et al.*, 2007) y *S. faberi* R.A.W. Herrm. (Dekker *et al.*, 1996).

Si bien el porcentaje de germinación fue elevado, tanto para temperaturas constantes como para alternantes, esta última promueve la germinación de las cariopsis a mayor tasa que aquellas sometidas a temperaturas constantes. Dicho comportamiento es frecuente en gramíneas silvestres debido a que sus semillas están expuestas a estas condiciones en sus ambientes (Simpson, 1990; Baskin & Baskin, 1998). Fausey & Renner (1997) hallaron un porcentaje de germinación de 65% para *S. faberi* a temperaturas alternantes de 20-30°C y valores de 77 y 61% a temperaturas constantes de 20 y 30°C, respectivamente. Similar respuesta a temperaturas alternantes fueron reportadas por Exner (2012) y Boyd & Acker (2004) para *S. lachnea* y *S. viridis*, respectivamente. Por otro lado, no se observó influencia del ambiente materno en el comportamiento germinativo.

A partir de la caracterización realizada a los genotipos, se estableció que la variabilidad en el comportamiento agronómico estuvo estrechamente relacionada al tamaño de las matas y su producción de biomasa. Dicha variación no estuvo asociada con el número de macollas, si no con su tamaño. De los parámetros de calidad evaluados sólo

la biomasa digestible varió entre genotipos, atributo que sumado a los anteriormente citados explican la variabilidad intrapoblacional obtenida, estableciendo los criterios para selección de genotipos superiores y su utilización en planes de mejoramiento.

El diámetro de mata y la producción de materia seca de hojas y tallos varió significativamente entre genotipos, al igual que lo hallado por Giavedoni *et al.* (1996) y Exner (2012) en *S. lachnea*. Algunos de los caracteres morfológicos cuantificados, como altura de planta, largo y ancho de la lámina foliar, si bien no mostraron ser variables a nivel intrapoblacional, resultaron superiores a los hallados para *S. italica* (Carámbula, 2007) y *S. lachnea* (Pensiero *et al.*, 2011). Para ampliar la variabilidad de caracteres de interés agronómico será necesario complementar el presente trabajo con el estudio de poblaciones de lugares diversos.

Por otra parte, la calidad obtenida en los materiales analizados resultan interesantes, ya que son semejantes a los de otras especies cultivadas y de ciclo similar como lo es el sorgo forrajero (*Sorghum sp.*) (61,4% MS digestible y 10,9% de PB al estado vegetativo, promedio entre pastoreos) (Gaggiotti, 2008).

Resulta interesante destacar la floración tardía que presentaron los genotipos analizados de *S. magna*, promedio de $163 \pm 7,1$ días posteriores a la siembra, respecto a las plantas del cultivar INTA Yaguané de *S. italica*, que alcanzan el inicio el panojamiento a los 63 días (Carámbula, 2007). La capacidad de *S. magna* de vegetar durante un largo período y florecer tardíamente, permitiría la obtención de forraje de calidad en períodos en los que otras especies, como *S. italica*, no permitirían.

Por otra parte, la altura media de las plantas florecidas de *S. magna* fue de $152,1 \pm 21,01$ cm, mientras que las de *S. italica* sólo alcanzan los 100 cm (Carámbula, 2007).

Si bien la información generada corresponde sólo a una población de *S. magna*, se confirma la potencialidad forrajera de esta especie. En este sentido se sugiere ampliar los planes de prospección a distintos ambientes de Argentina y a continuar con la evaluación agronómica con el fin de detectar poblaciones y/o genotipos promisorios (como el número 11 del presente trabajo).

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Sandra Aliscioni y al Dr. Juan P. Torretta por el suministro de las semillas procedentes del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía (UBA). El financiamiento de este trabajo fue realizado por la Universidad Nacional del Litoral, a través del Proyecto CAI+D n° 108.

BIBLIOGRAFÍA

- AHRING, R. M., W. W. HUFFINE, C. M. TALIAFERRO & R.D. MORRISON. 1975. Stand establishment of bermudagrass from seed. *Agron. J.* 67: 229-232.
- ALISCIONI, S. S., N. E. GÓMIZ, J. P. TORRETTA & J. F. PENSIERO. 2011. Reproductive biology of *Setaria magna* Griseb. (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). *Plant Syst. Evol.* 293: 111-118.
- ALLARD, R. W. 1999. *Principles of plant breeding*. 2nd ed. J. Wiley and Sons. New York. pp. 254.
- ANDERSON, R. N. 1968. *Germination and establishment of weeds for experimental purposes*. WSSA Handbook. W.F. Humphrey Press. Geneva, NY. pp. 170-171.
- ARANGUREN, M. B. 1997. Tetrazolium test procedure for *Setaria italica*. *Group Agric. Species* 1: 1-8.
- BASKIN, J. M. & C. C. BASKIN. 1998. *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego. pp. 181-237.
- BAZZAZ, F. A. 1979. Physiological ecology of plant succession. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 351-371.
- BAZZIGALUPI, O., S. PISTORALE & A. ANDRÉS. 2008. Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 277-285.
- BLACKSHAW, R. E., E. H. STOBBE & A. R. W. STURKO. 1981. Effect of seeding dates and densities of *Setaria viridis* on the growth and productivity of spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Sci.* 29: 179-184.
- BOYD, N. & R. V. ACKER. 2004. Seed germination of common weed species as affected by oxygen concentration, light, and osmotic potential. *Weed Sci.* 52: 589-596.
- CALLEN, E. O. 1967. The first new world cereal. *Amer. Antiquity* 32: 535-538.
- CARÁMBULA, M. 2007. *Verdeos de verano*. 1st ed. Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo. pp. 127-155.
- CASLER, M. D. 1998. Genetic variation within eight populations of perennial forage grasses. *Plant Breeding* 117: 243-249.
- CASLER, M. D. & E. VAN SANTEN. 2010. Breeding Objectives in Forages. In: BOLLER, B., U. K. POSSELT & F. VERONESI (eds.), *Handbook Of Plant Breeding. Fodder Crops and Amenity Grasses*, pp. 115-136. Springer, New York.
- COHEN, D. 1966. Optimizing reproduction in a randomly varying environment. *J. Theor. Biol.* 12: 119-129.
- DEKKER, J., B. I. DEKKER, H. HILHORST & C. KARSSSEN. 1996. Weedy adaptation in *Setaria ssp.*: IV. Changes in the germinative capacity of *S. faberi* embryos with development from anthesis to after abscission. *Amer. J. Bot.* 83: 979-991.
- DEKKER, J. 2003. The foxtail (*Setaria*) species-group. *Weed Sci.* 51: 641-656.
- DEREGIBUS, V. A. 1994. Situación de la forrajicultura en Argentina: Una propuesta para su mejoramiento a través de recursos genéticos. Primeras Jornadas Nacionales de Producción de Semillas y Mejoramiento Genético de Especies Forrajeras, Buenos Aires. pp. 1-6.
- DIRIENZO, J. A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA & C.W. ROBLEDO. *InfoStat versión 2009*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- EXNER, E., M. ZABALA, M. PEREYRA & J. PENSIERO. 2007. Comportamiento germinativo en genotipos de *Setaria lachnea* (Nees) Kunth. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 42 (Supl.): 129.
- EXNER, E. 2012. Estudios agronómicos en "moha perenne" - *Setaria lachnea* (Ness) Kunth-. Tesis Doctoral. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral (FBCB-UNL). Argentina.
- FAUSEY, J. C. & K. A. RENNER. 1997. Germination, emergence, and growth of giant foxtail (*Setaria faberi*) and fall panicum (*Panicum dichotomiflorum*). *Weed Sci.* 45: 423-425.
- GAGGIOTTI, M. C. 2008. *Tablas de composición química de alimentos para rumiantes*. 1st ed. EEA INTA Rafaela, Santa Fe. CD-ROM.
- GIAVEDONI, J., J. PENSIERO, G. SCHRAUF, A. GENERO & D. MICHELINI. 1996. Evaluación forrajera de poblaciones de *Setaria lachnea* (Moha Perenne). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 16 (Supl. 1): 197-198.
- GUAITA, M. S., H. H. FERNÁNDEZ & I. N. TIRANTI. 1989. Calidad forrajera de *Setaria leiantha* en estado reproductivo. *Revista. Universidad Nacional de Río Cuarto* 9: 105-108.
- HARPER, J. L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, London.
- HEISE, C. B. 1988. Aspects of unconscious selection and the evolution of domesticated plants. *Euphytica* 37: 77-81.

- HEISE, A. C. 1941. Germination of green foxtail seeds. *Proc. Assoc. Off. Seed Analysts* 33: 43-44.
- HITCHCOCK, A. S. 1951. *Manual of the grasses of the United States*. 2nd ed. Rev. A. Chase. U.S.D.A. Bur. Pl. Industr. Misc. Publ. n° 200, Washington, D.C.
- JAMES, A. L. 1968. Some influences of soil atmosphere on germination of annual weeds. Ph. D. dissertation. Iowa State University, Ames, Iowa, USA.
- JANK, L., K. H. QUESENBERRY, L. E. SOLLENBERGER, D. S. WOFFORD & P. M. LYRENE. 2007. Selection of morphological traits to improve forage characteristics of *Setaria sphacelata* grown in Florida. *New Zeal. J. Agric. Res.* 50: 73-83.
- JOSIFOVICH, J. A. & I. ECHEVERRÍA. 1971. Nuevas "mohas de Hungría". Informe sobre Forrajes y Producción Animal. EERA Pergamino. Informe General 19.
- LI, Y. & S. WU. 1996. Traditional maintenance and multiplication of foxtail millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) landraces in China. *Euphytica* 87: 33-38.
- MAGUIRE, J. D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- MANTHEY, D. R. & J. D. NALEWAJA. 1987. Germination of two foxtail (*Setaria*) species. *Weed Technol.* 1: 302-304.
- MATUS-CÁDIZ, M.A. & P. HUCL. 2005. Rapid and effective germination methods for overcoming seed dormancy in annual canarygrass. *Crop Sci.* 45: 1696-1703.
- NORRIS, R. F. & C. A. SCHONER Jr. 1980. Yellow foxtail (*Setaria lutescens*) biotype studies: dormancy and germination. *Weed Sci.* 28: 159-163.
- PENSIERO, J. F. 1995. Sinopsis morfológica y taxonómica de las especies sudamericanas del género *Setaria* (Poaceae, Paniceae). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba (FCEyN. UNC). Argentina.
- PENSIERO, J. F. 1999. Las especies sudamericanas del género *Setaria* (Poaceae, Paniceae). *Darwiniana* 37 (1-2): 37-151.
- PENSIERO, J. F. 2003. *Setaria*. En: ZULOAGA, F. O., O. MORRONE, G. DAVIDSE, T. S. FILGUEIRAS, P. M. PETERSON, R. J. SORENG & E. JUDZIEWICZ. Catalogue of New World Grasses (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae, and Danthonioideae. *Contr. U. S. Natl. Herb.* 46: 569-593.
- PENSIERO, J. F., H. F. GUTIÉRREZ, E. L. EXNER & J. M. ZABALA. 2011. Variación en caracteres de interés agronómico en poblaciones de *Setaria lachnea* (Ness) Kunth. *Agrociencia* 45: 699-709.
- PETERS, R. A. & H. C. YOKUM. 1961. Progress report on a study of the germination and growth of yellow foxtails (*Setaria glauca* (L.) Beauv.) *Proc. Northeast Weed Control Conf.* 15: 350-355.
- PHILIPPI, T. & J. SEGER. 1989. Hedging one's bets, revisited. *Trends Ecol. Evol.* 4: 41-44.
- ROMINGER, J. M. 1962. Taxonomy of *Setaria* (Gramineae) in North America. *Illinois Biol. Monogr.* 29: 1-132.
- ROST, T. L. 1975. The morphology of germination in *Setaria lutescens* (Gramineae): The effects of covering structures and chemical inhibitors on dormant and non-dormant florets. *Ann. Bot.* 39: 21-30.
- SCHRAUF, G. E., A. MARTINO, J. GIAVEDONI & J. F. PENSIERO. 1998. Efectos genéticos y ambientales sobre el comportamiento germinativo de poblaciones de Moha perenne. *Ecología Austral* 8: 49-56.
- SIMPSON, G. M. 1990. *Seed Dormancy in Grasses*. Cambridge University Press, New York. pp. 114-197.
- VERTUCCI, C. W. & C. LEOPOLD. 1984. Bound water in soybean seed and its relation to respiration and imbibitional damage. *Plant Physiol.* 75: 114-117.
- WANG, R. L., J. WENDELL & J. DEKKER. 1995a. Weedy adaptation in *Setaria* spp.: I. Isozyme analysis of the genetic diversity and population genetic structure in *S. viridis*. *Amer. J. Bot.* 82: 308-317.
- WANG, R. L., J. WENDELL & J. DEKKER. 1995b. Weedy adaptation in *Setaria* spp.: II. Genetic diversity and population genetic structure in *S. glauca*, *S. geniculata* and *S. faberii*. *Amer. J. Bot.* 82: 1031-1039.
- WEST, S. H. & F. MAROUSKY. 1989. Mechanism of dormancy in Pensacola Bahiagrass. *Crop Sci.* 29: 787-791.
- WEST, S. H. & W. D. PITMAN. 2001. Seed Production Technology of Tropical Forages. In: SOTOMAYOR-RIOS S. A. & W. D. PITMAN (eds.), *Tropical Forage Plants: Development and Use*, pp. 143-166. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Recibido el 12 de abril de 2012, aceptado el 1 de febrero de 2013.