



**Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional del Nordeste**

**Trabajo Final de Graduación
Modalidad Tesina**

**Aptitud combinatoria en híbridos tetraploides de
Paspalum notatum Flüggé**

Autor: Valeria Anahí, Gutierrez Storti

Asesor: Ing. Agr. (Dra.) Elsa Andrea Brugnoli

Año: 2017

ÍNDICE

RESUMEN	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVOS	4
<i>Objetivo general</i>	4
<i>Objetivos específicos</i>	4
MATERIALES Y MÉTODOS	4
<i>Material vegetal</i>	4
<i>Evaluación de aptitud combinatoria</i>	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
<i>Evaluaciones morfológicas</i>	8
<i>Evaluaciones agronómicas</i>	10
<i>Selección a partir de aptitud combinatoria general</i>	16
CONCLUSIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	22

RESUMEN

Paspalum notatum Flüggé es una de las gramíneas nativas, perenne, que predomina en los pastizales del nordeste argentino y se caracteriza por presentar elevado potencial forrajero. Es una especie multiploide, que presenta un citotipo diploide de reproducción sexual y otro tetraploide apomítico. La obtención de plantas tetraploides sexuales, a partir de la duplicación cromosómica de citotipos diploides, y su uso como plantas madres en cruzamientos con genotipos tetraploides apomíticos, permitió liberar la variación genética contenida en los genotipos apomíticos. Actualmente, se busca mejorar el germoplasma sexual de *P. notatum* tetraploide, a partir de la aptitud combinatoria entre genotipos sexuales y cultivares apomíticos superiores, evaluando en las progenies caracteres morfológicos y agronómicos, de tal manera de seleccionar aquellos genotipos sexuales que generen mejor descendencia. Se evaluaron 24 híbridos, que fueron generados por cruzamientos entre 29 genotipos tetraploides sexuales y 5 genotipos tetraploides apomíticos. Los híbridos selectos fueron plantados en una parcela experimental ubicada en Riachuelo, Corrientes, mediante un diseño de bloques completamente aleatorizados con 3 repeticiones. Las mediciones fueron evaluadas mediante análisis de la varianza y comparación de medias con el test de Tukey y en función de los resultados se realizó la selección de progenitores femeninos mediante tres métodos: uno fue por comparación de medias superiores, otro mediante una fórmula enunciada por Falconer para cruza dialélicas y por último, por comparación de índices con coeficientes. Finalmente, de los 29 genotipos iniciales, ocho fueron selectos por expresar buen comportamiento en toda su progenie. Este mecanismo de selección, aseguraría que los genotipos sexuales al ser cruzados con los apomíticos, generen híbridos superiores en todos los cruzamientos posibles y así, permitiría la obtención de material vegetal adaptado a las condiciones locales, mediante selección recurrente basada en aptitud combinatoria.

ANTECEDENTES

En el Nordeste Argentino, gran parte del área ocupada por la ganadería, se sustenta a base de los pastizales naturales como principal fuente de alimento, donde predominan especies megatérmicas C₄ con elevada tasa de crecimiento en el período primavera-estivo-otoñal, pero con baja calidad nutricional en relación a las especies C₃ de climas templados. Además, durante los meses de invierno, con las bajas temperaturas, disminuyen marcadamente su producción, restringiendo la oferta forrajera anual (Deregibus, 1988). Ante dicha situación, la incorporación de especies forrajeras naturales mejoradas genéticamente permitiría aumentar la producción primaria anual y mantendría la estabilidad del sistema. Entre las especies nativas con potencial forrajero, se destacan las especies pertenecientes al género *Paspalum*; el cual contiene alrededor de 80 especies que habitan en el territorio argentino, siendo *P. notatum* Flügge la predominante en los pastizales de nuestra región (Quarin, 2001). Es una especie multiploide, siendo el citotipo tetraploide ($2n=4x=40$) de reproducción apomíctica el que se encuentra con mayor frecuencia en todo el área de distribución natural de la especie, abarcando desde México hasta Argentina. Por otra parte, existe un citotipo diploide ($2n=2x=20$) alógamo y de reproducción sexual, que está presente en un área pequeña del nordeste argentino (Ortiz et al., 2013).

La apomixis es un mecanismo de reproducción asexual, a través del cual se generan verdaderas semillas. Es por ello que la progenie de una planta de reproducción apomíctica es genéticamente idéntica a su progenitor femenino (clonación natural). Por tal motivo, éste mecanismo de reproducción es de importancia en la mejora genética de especies forrajeras, ya que es factible obtener híbridos apomícticos superiores, con altos niveles de expresividad del carácter, mediante el cual es posible perpetuar el vigor híbrido de ese genotipo en especial (Poehlman & Allen, 2005). La apomixis se encuentra presente en varios géneros de gramíneas de importancia forrajera tales como *Brachiaria*, *Cenchrus*, *Panicum*, *Dichanthium*, *Paspalum*, entre otros (Miles, 2008). En el caso de *Paspalum notatum*, la especie posee citotipos diploides sexuales que aportan variabilidad y citotipos tetraploides apomícticos que tienen la capacidad de generar clones y así colonizar distintos ambientes (Pessino et al., 2008).

La generación artificial de plantas tetraploides sexuales, a partir de la duplicación cromosómica de citotipos diploides, mediante agentes químicos (Burton & Forbes, 1960;

Quarin et al., 2001; Quesenberry et al., 2010) y su uso como plantas madres en cruzamientos controlados con genotipos tetraploides apomícticos, ha permitido liberar la variación genética contenida en las plantas apomícticas (Martínez et al., 2001; Acuña et al., 2009; Zilli et al., 2015). En general, en las progenies resultantes de dichos cruzamientos en *P. notatum*, se han encontrado supremacía de descendientes sexuales con respecto a los apomícticos (Martínez et al., 2001; Stein et al., 2004; Acuña et al., 2009; 2011.). Sin embargo, es posible lograr combinaciones de progenitores que resulten en un mayor número de híbridos apomícticos (Zilli et al., 2015).

Una de las limitantes del mejoramiento genético de *P. notatum* tetraploide, es la escasa diversidad presente en el germoplasma sexual. En consecuencia, se ha generado una población tetraploide sintética sexual, a partir de inter-cruzamientos entre varios híbridos F₁ sexuales, derivados de cruzamientos entre unos pocos genotipos tetraploides sexuales de origen experimental y un grupo de genotipos tetraploides apomícticos procedentes de distintas regiones de América (Zilli et al., 2014). Esta nueva población sintética sexual permitiría el mejoramiento genético de *P. notatum* tetraploide, a través de selección recurrente basada en aptitud combinatoria.

La aptitud combinatoria es la contribución promedio que hace el progenitor al rendimiento de la progenie y se mide evaluando el comportamiento del genotipo o población en cuestión en todos los cruzamientos posibles; en tal caso, si produce buenos híbridos se dice que presenta buena aptitud combinatoria general. Por otro lado, si solo produce buenos híbridos con determinados genotipos se dice que tiene buena aptitud combinatoria específica (Poehlman Allen Sleper, 2005). Este mecanismo de selección fue usado en programas de mejoramiento genético de maíz (Lázaro et al., 2003) y tomate (López Benítez et al., 2012), sin embargo poco se sabe de su aplicación en especies de reproducción apomíctica. Lo interesante sería utilizar en el germoplasma sexual de *P. notatum* tetraploide, selección recurrente basada en la aptitud combinatoria, con el objetivo de acumular los efectos genéticos aditivos y principalmente los no aditivos, de modo tal de generar un germoplasma sexual que al ser cruzado con individuos apomícticos, resulte en híbridos superiores.

OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir en la mejora genética del germoplasma tetraploide sexual de *Paspalum notatum*, a través de un mecanismo de selección recurrente basada en aptitud combinatoria general.

Objetivos específicos

- Evaluar características morfológicas y agronómicas en 29 familias híbridas provenientes de cruzamientos controlados entre genotipos sexuales y apomícticos de *P. notatum*.
- Seleccionar genotipos tetraploides sexuales de *P. notatum* a partir de su aptitud combinatoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se dispuso de 29 familias de medios hermanos de *P. notatum*, las cuales fueron obtenidas de un policruzamiento controlados entre 29 genotipos tetraploides sexuales de origen híbrido y 5 genotipos tetraploides apomícticos de diferente procedencia, realizado por la Ing. Agr. Florencia Marcón con anterioridad a este trabajo, como parte de su tesis doctoral. Los genotipos sexuales que fueron evaluados por su aptitud combinatoria han sido seleccionados de un grupo de 400 híbridos F₁ por su producción de biomasa estacional. Por otro lado, cuatro de los genotipos apomícticos que se utilizaron como progenitores masculinos han sido importados de Estados Unidos, y el restante corresponde al cultivar Boyero UNNE (N° de registro 13646, INASE), generado dentro del marco del programa de mejoramiento genético de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Los híbridos (24 por cada familia) se encontraban implantados en una parcela experimental ubicada en la localidad de Riachuelo, Corrientes, en un diseño de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones y un distanciamiento entre plantas de un metro.

Evaluación de aptitud combinatoria

La aptitud combinatoria de los progenitores sexuales fue evaluada a partir del comportamiento agronómico y morfológico de su progenie, llevándose a cabo las siguientes mediciones:

➤ Producción de forraje: El método aplicado fue el de corte y medición del peso. Se realizó en el campo en dos ocasiones, en noviembre 2016 y en marzo 2017 para obtener la producción de materia seca durante el período primaveral y estival. Las familias, previamente identificadas, fueron cortadas con una segadora (a unos 10 cm de altura), luego con la ayuda de rastrillos se juntó la biomasa cortada en una bolsa y se registró, in situ, el peso con el uso de una balanza, obteniendo así el valor en materia verde de cada familia. Posteriormente, se rotuló un sobre para extraer una sub-muestra de alrededor de 300 g de material verde que se la llevó a estufa para obtener la fracción de materia seca. Dicha estufa se encuentra en el invernadero de la cátedra de Forrajicultura, donde se mantuvieron las sub-muestras con una temperatura de 65 °C, durante 36 a 72 horas, hasta lograr peso constante y se registró el peso nuevamente con el uso de una balanza. Con el resultado de la fracción de materia seca de cada muestra, se puede estimar la producción de materia seca total de cada familia.

➤ Crecimiento inicial, estival e invernal: En todos los casos se realizaron las estimaciones por observación visual (escala cuantitativa discreta). Se recorre el lote estableciendo una escala del 1 (menor vigor) al 5 (mayor vigor) según el crecimiento y rebrote de los híbridos. Luego se procedió a designar los valores a las plantas de cada una de las familias. El crecimiento inicial, se registró 45 días luego de la implantación de los híbridos y el crecimiento estival e invernal fueron medidos a principios de abril 2016 y mediados de agosto 2016, respectivamente.

➤ Tolerancia al frío: La medición se llevó cabo unos diez días posteriores a la ocurrencia de la primer helada (21/06/2016). Se realizó por observación visual siguiendo los pasos detallados en el punto anterior y variando solamente la escala; siendo del 1 (menos tolerante) al 5 (más tolerante).

➤ Número de inflorescencias: En este caso, para realizar la toma de datos se establecieron rangos correspondientes a la escala de 0 (sin inflorescencias), 1 (1-5 inflorescencias), 2 (5-10 inflorescencias), 3 (10-20 inflorescencias) y 4 (más de 20 inflorescencias) y se procedió a hacer el conteo de manera manual, planta por planta, y registrando los valores en una planilla de campo. Las mediciones se realizaron a fines de abril de 2016, finalizando el período de floración.

➤ Relación macollos reproductivos/macollos vegetativos (MR/MV): el método usado fue nuevamente por observación visual, teniendo en cuenta desde los híbridos sin macollos reproductivos o con menos de 5 inflorescencias (0), otros con relación MR/MV alta (1) y por

último, individuos con MR/MV baja y más de 5 inflorescencias (5). El relevamiento se realizó en el mismo mes del punto anterior.

➤ Altura de plantas: la medición se efectuó a fines de octubre 2016, como material se usó una regla de un metro de longitud y las planillas para registrar los datos; la regla se colocó a un costado de la mata y la medida se consideró hasta donde llegaban la mayoría de las láminas y comenzaban a inclinarse.

➤ Largo y ancho de láminas: se midió a mediados de noviembre 2016, con el uso de reglas y planillas; una persona tomaba al azar, dos hojas completamente expandidas por planta (se debía observar la lígula o collar) y efectuaba la medición de longitud, luego plegaba por la mitad la lámina y medía el ancho.

➤ Área por familia: se realizó luego del corte estival, a mediados de marzo 2017, se tomaron fotos de cada planta incluyendo una escala de longitud conocida como referencia y se usó el programa “Image-J” para determinar dicha medida y luego obtener la media de cada familia.

➤ Longitud de racimo basal: se seleccionaron diez racimos por familia y se realizó la medición correspondiente para luego obtener un valor promedio por familia.

➤ Producción de semillas: la cosecha se llevó a cabo por familia, en dos ocasiones; en la primera se seleccionaron las espiguillas con semillas maduras y en la segunda se cosechó la totalidad de las espiguillas que restaban; luego se llevaron los sobres a estufa para eliminar la humedad y se procedió a la trilla manual. Posteriormente, con un soplador se efectuó la separación de las semillas llenas de las vacías y se pesó, obteniendo así el valor de semillas producidas por familia.

A continuación, se procedió a la estimación de aptitud combinatoria general a partir de tres criterios:

a) Estimación por comparación de medias, obtenidas de las variables medidas sobre la progenie de cada genotipo utilizado como madre. Para ello, los datos generados fueron analizados mediante análisis de la varianza y comparación de medias con el test de Tukey, usando el software INFOSTAT Versión Estudiantil (Di Rienzo et al., 2016).

b) Estimación mediante la fórmula enunciada por Falconer (1986) para diseños de cruza dialélicas:

$$GCA = \frac{Ti}{n - 2} - \frac{\sum T}{n(n - 2)}$$

Donde GCA: Aptitud Combinatoria General de los genotipos, Ti: es el total de la línea en todos sus cruzamientos, n: número de líneas a cruzar y T es el total de cada línea.

c) Estimación por medio de un índice que fue generado a partir de diferentes coeficientes, ya sean de mayor o menor grado de importancia para nuestra selección como potencial cultivar forrajero (Tabla 1). Dicho índice engloba todos los parámetros registrados en un solo valor y además, establece un orden de prioridad para determinadas variables.

$$I = (C_1 * \sum Ti (TF)) + (C_2 * \sum Ti (CE)) + (C_3 * \sum Ti (MR/MV)) + \dots + (C_{11} * \sum Ti (MS))$$

I: Índice de selección por coeficientes.

$\sum Ti$: Sumatoria de la variable medida en cada familia

C₁, C₂, C₃, C₁₁: Coeficiente correspondiente a cada variable.

Tabla 1. Coeficientes usados en la fórmula anterior según la variable en cuestión.

	Variables	Coeficientes
1	Tolerancia al frío (TF)	0,15
2	Crecimiento estival (CE)	0,05
3	MR/MV	0,05
4	Crecimiento invernal	0,05
5	Altura de plantas	0,1
6	Largo de lámina	0,1
7	Ancho de lámina	0,05
8	Longitud racimo basal	0,05
9	Producción de semillas	0,1
10	Área	0,15
11	Producción materia seca (MS)	0,15
	TOTAL	1

No se evaluó aptitud combinatoria específica dado que como se detalló anteriormente el polen provenía de 5 progenitores masculinos diferentes que fueron mezclados en un sobre y así se polinizó cada una de los 29 genotipos utilizados como madres. Es decir, no se tiene la seguridad de cuál de los cinco posibles progenitores masculinos podría ser el padre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones morfológicas

Con respecto a la altura de plantas (Fig. 1), se destacaron las familias H47₁₁, J10₆, L29₁ y H13₈, con valores medios de 42,46 cm, 40,96 cm, 40,38 cm y 39,49 cm, respectivamente. Por otro lado, las familias de menor altura fueron N32₁₁ y K29₁₀ con una media de 24,24 cm y 24,88 cm, respectivamente. En el trabajo realizado por Acuña et al. (2009) se obtuvieron valores medios para altura en rangos entre 25,4 cm y 41,5 cm. Por su parte, en Acuña et al. (2011) se observaron valores de altura en híbridos de *P. notatum* con rangos entre 32 y 47 cm para mediciones realizadas en el año 2007, y entre 40 y 63 cm para mediciones del año 2008.

Con respecto al ancho de lámina (Fig. 2), las familias K46₃, J42₈, y H13₃ mostraron los mayores valores con medias de van de 0,74 cm, 0,69 cm y 0,68 cm, respectivamente. Por su parte, las familias J13₄, J18₁ y J42₃ presentaron láminas más angostas con valores medios de 0,48 cm, 0,49 cm y 0,5 cm, respectivamente. En cuanto a la longitud de lámina (Fig. 3), las familias L29₁, H13₈ y H47₁₁ mostraron los valores medios más altos entre 39,84 cm, 39,44 cm y 38,91 cm, respectivamente. Sin embargo, las familias K29₁₀ y N32₁₁ fueron las que presentaron láminas de menor longitud con valores medios de 22,45 cm y 20,99 cm, respectivamente. Para la variable área de cobertura, las familias J10₆ y N35₄ se destacaron con valores medios de 0,29 m² y 0,28 m², respectivamente (Fig. 4). Por el contrario, la familia J13₄ fue la que menor superficie logró cubrir con una media de 0,16 m².

Cabe destacar que todas las variables morfológicas mostraron diferencias significativas entre familias (p-valor <0.05).

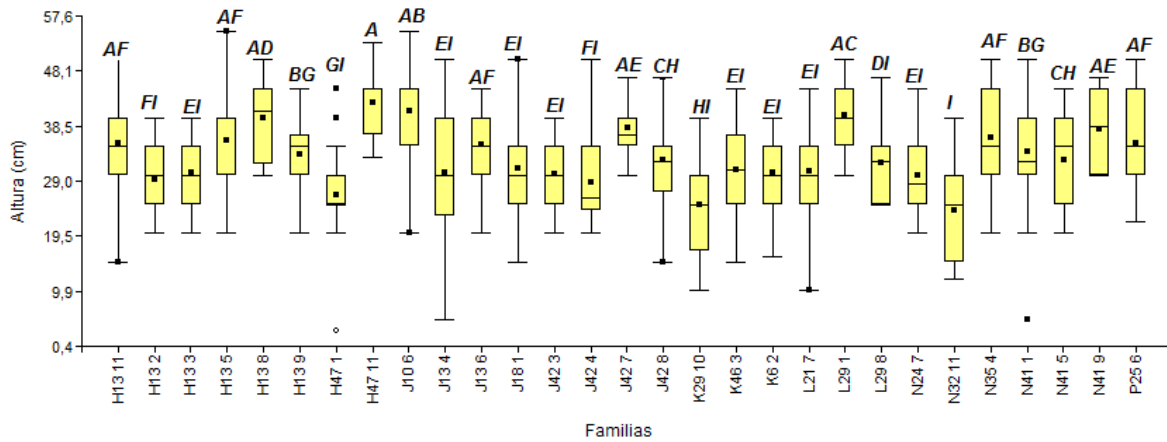


Figura 1. Altura de plantas (cm) de las 29 familias de *P. notatum*. Letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$ Test de Tukey).

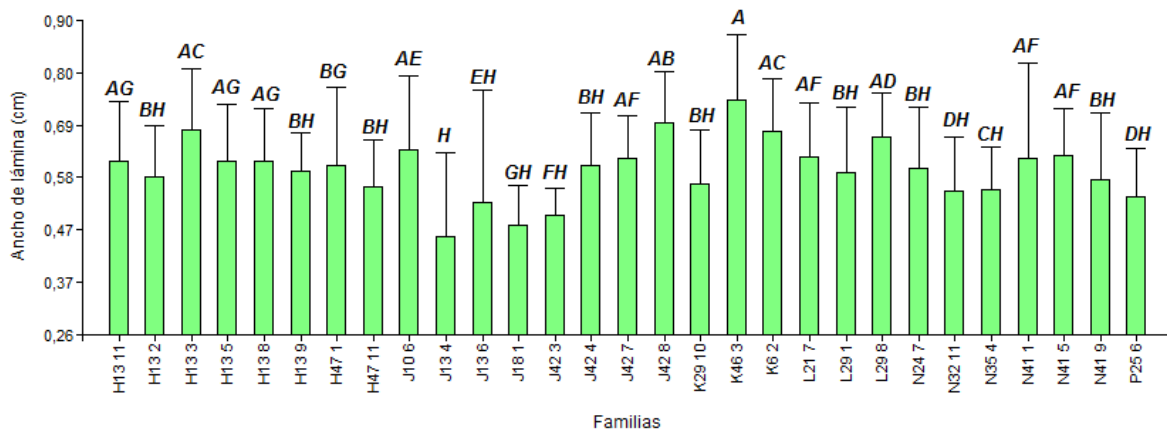


Figura 2. Ancho de lámina (cm) de las 29 familias de *P. notatum*. Letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$ Test de Tukey).

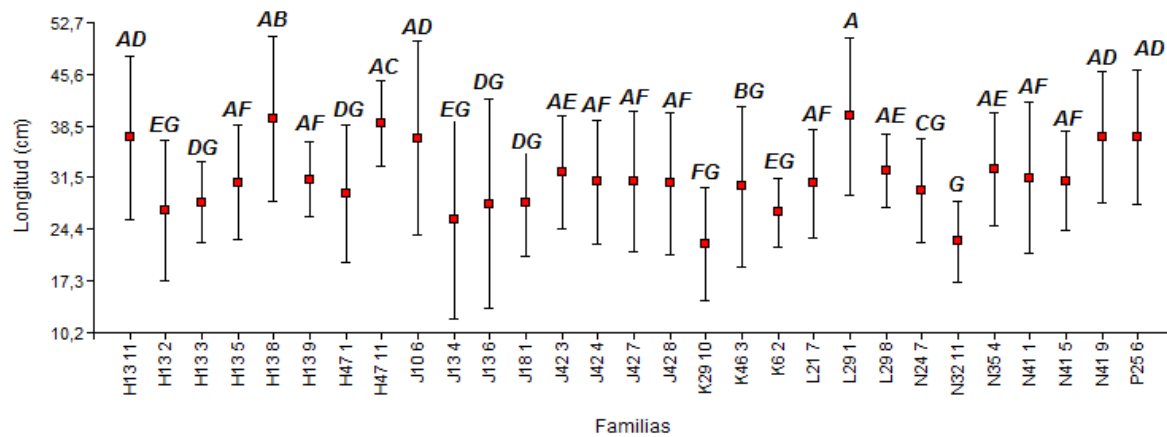


Figura 3. Longitud de lámina (cm) de las 29 familias de *P. notatum*. Letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$ Test de Tukey).

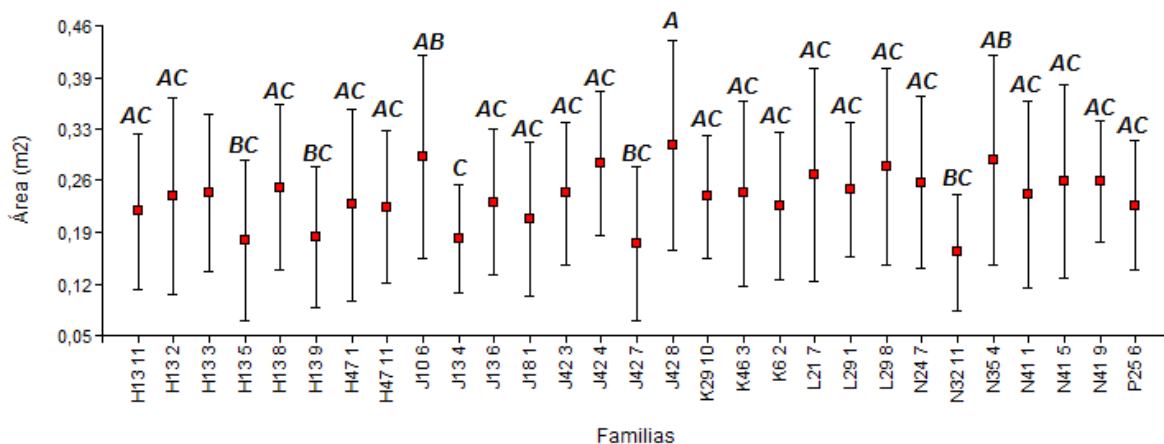


Figura 4. Área en m² de 29 familias de *P. notatum*. Letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$ Test de Tukey).

Evaluaciones agronómicas

En relación al crecimiento inicial, las familias que mostraron los valores más altos fueron H47₁₁, J42₈, K29₁₀ y J10₆; mientras que las familias N32₁₁ y H13₃ fueron las que expresaron menor crecimiento inicial. Respecto al crecimiento estival, se destacaron las familias J10₆, H13₈ y J42₈; en contraposición las familias N32₁₁, H47₁, y J13₄ se diferenciaron por su bajo crecimiento estival. En lo que respecta al crecimiento invernal, las familias H13₁₁, L29₁, J42₇ y H13₈ se distinguieron con los valores más altos; en contraposición, se observaron que las familias J42₄ y H47₁ tuvieron bajo crecimiento en dicha estación. Relacionado a la tolerancia al frío, se observó que las familias L29₁, N41₉ y H13₈ se destacaron con medias que van de 4,25, 3,92 y 3,88, respectivamente; en cambio, las familias H47₁ y J42₄ fueron las que menor tolerancia presentaron con medias de 1,96 y 2,46 respectivamente (Tabla 2). En cuanto a la producción de materia seca, las familias L29₁, J10₆ y H47₁₁ se destacaron en el corte primaveral, con medias de 1,91 kg, 1,8 kg y 1,78 kg/familia, respectivamente. Esto se tradujo, en función al área que ocuparon las plantas, a 3259 kg MS/ha, 2710 kg MS/ha y 3339 kg MS/ha, respectivamente. En contraposición, la familia H13₃ fue la que menos produjo, con apenas 643 kg MS/ha. Es válido aclarar que en el corte estival no se observaron diferencias significativas entre familias; las que mayor producción tuvieron fueron H47₁₁, L29₁, y J10₆ con valores de 6379, 5802 y 5617,5 kg MS/ha, respectivamente.

En relación a los resultados, se puede decir que para todas las variables agronómicas evaluadas (Tabla 2), se observaron diferencias significativas entre las familias en estudio,

exceptuando la producción de materia seca durante el período estival, lo que se atribuye a cuestiones ambientales.

La producción de semillas mostró los valores más altos para las familias J42₈, H13₁₁, N41₉, y J10₆ con medias entre 49 g, 42,67 g y 38 g/familia, respectivamente. Esto se traduce en función al área ocupada por las plantas a una producción de 67,1 82,4 kg, 61,9 kg y 57,2 kg/ha, respectivamente. Por su parte, las familias K6₂ y N32₁₁ fueron las que presentaron la menor producción con 4,55 kg y 16,5 kg/ha, respectivamente (Tabla 3). En comparación con el cultivar Boyero UNNE, el mismo tiene una producción total de alrededor de 250 kg/ha entre espiguillas con semillas + espiguillas vanas, de las cuales se considera que un 25% del total son espiguillas con semillas, es decir la producción neta de semillas es de aproximadamente 62,5 kg/ha (Urbani, comun. pers.). En cuanto a la longitud de racimo basal, se destacan las familias J10₆, K46₃, N24₇ y H13₁₁ con medias que van de 12,84 cm, 12,6 cm, 12,56 cm y 12,47 cm, respectivamente. Mientras que N32₁₁ y L29₁, mostraron los racimos más cortos con medias de 9,3 cm y 11,1 cm, respectivamente. Según Gates et al. (2004), *P. notatum* posee longitudes de racimo que oscilan entre 3 y 14 cm. Con respecto al número de inflorescencias, se distinguieron las familias K29₁₀, N35₄, y J42₄ con medias de 3,88, 3,82 y 3,54, respectivamente, que corresponden a plantas con más de diez inflorescencias. Por su parte, las que menor número de inflorescencias presentaron fueron L29₈ y N32₁₁ con medias de 1,46 y 1,56, respectivamente.

Por último, referido a la relación MR/MV que presentó la progenie, se destacaron las familias H13₈, J10₆ y L29₁, con medias de 3,96, 3,92 y 3,79, la cuales indican plantas con buena proporción de follaje a pesar de estar en estado reproductivo. Por el contrario, las familias N32₁₁ y H47₁ fueron las que presentaron mayor proporción de tallo y poca cantidad de hojas, con medias de 1,64 y 1,87, respectivamente.

Tabla 2. Medias de las variables agronómicas de las 29 familias de *Paspalum notatum*.

MS*: Materia seca. Cto*: Crecimiento. MS/fam*: MS/familia.

Familias	Cto.* inicial	Cto.* estival	Cto.* invernal	Tolerancia al frío	Producción Materia Seca			
					Corte primaveral		Corte estival	
					Kg MS/fam*	Kg MS/ha	Kg MS/fam*	Kg MS/ha
H47 ₁₁	5A	3,79 AD	2,79 AC	3,25 BG	1,78 AB	3339,6	3,4 A	6379
J10 ₆	4,33 AB	4,13 A	2,44 AD	3,17 BG	1,8 AB	2710,8	3,73 A	5617,5
L29 ₁	4 AB	3,67 AE	2,96 AB	4,25 A	1,91 A	3259,4	3,4 A	5802
H13 ₈	4,33 AB	3,92 AB	2,92 AB	3,88 AC	1,6 AC	2698,1	3,2 A	5396,3
J42 ₇	2,67 AC	3 CF	2,86 AB	3,29 AG	1,23 AE	2978,2	2,45 A	5932,2
N41 ₉	4,33 AB	3,46 AE	2,92 AB	3,92 AB	1,4 AC	2280,1	3,4 A	5537,5
N35 ₄	4 AB	3,67 AE	2,29 AD	3,79 AD	1,42 AD	2082,1	1,6 A	2346
H13 ₅	3 AC	3,13 BF	2,58 AD	3,13 BG	0,85 BE	2009,5	1,75 A	4137,1
P25 ₆	3 AC	3,29 AF	2,27 AD	3,71 AE	0,87 BE	1692,6	2,12 A	4124,5
H13 ₁₁	4 AB	3,46 AE	3 A	3,5 AF	1,12 AE	2162,2	2,93 A	5656,4
J13 ₆	4 AB	3,29 AF	2,24 AD	3,29 BG	1,02 AE	2133,9	2,33 A	4874,5
N41 ₁	3,33 AC	3,18 BF	1,95 CD	2,9 DH	1,2 AE	2290,1	2,65 A	5057,3
H13 ₉	3 AC	3,08 BF	2,33 AD	3,5 AF	0,94 AE	2160,9	2,07 A	4758,6
N41 ₅	4,33 AB	3,67 AE	2,33 AD	3,21 BG	1,52 AD	2475,6	2,39 A	3892,5
J42 ₈	5A	3,83 AC	2,29 AD	3,21 BG	1,29 AE	1767,1	3,33 A	4561,6
L29 ₈	3 AC	3,29 AF	2,54 AD	2,92 CH	1,29 AE	1954,5	2,57 A	3893,9
J18 ₁	2,33 BC	2,92 DF	1,71 D	2,79 EH	1,01 AE	2239,5	2,21 A	4900,2
K46 ₃	3,67 AC	3,38 AF	2,04 AD	2,71 FH	0,94 AE	1709,1	2,38 A	4327,3
L21 ₇	2,67 AC	3,33 AF	2,09 AD	3,08 BG	0,88 BE	1390,2	1,74 A	2748,8
J13 ₄	2,33 BC	2,91 DF	2,27 AD	3 BG	0,9 AE	2970,3	2,32 A	7656,8
K6 ₂	3,67 AC	3,33 AF	2,25 AD	2,5 GH	0,96 AE	1875	2,36 A	4609,4
H13 ₃	3,67 AC	3,52 AE	2,42 AD	2,66 FH	0,34 E	643,9	2,05 A	3882,6
J42 ₃	3,33 AC	3,08 BF	1,79 CD	3,33 AG	1,22 AE	2121,7	1,56 A	2713
N24 ₇	3,67 AC	3,04 BF	2,13 AD	2,67 FH	1,14 AE	1871,9	1,92 A	3152,7
H13 ₂	2,33 BC	2,92 DF	2,3 AD	2,5 GH	0,61 CE	1125,5	2,19 A	4040,6
J42 ₄	3,67 AC	2,96 CF	1,58 D	2,46 GH	1,27 AE	1898,4	2,22 A	3318,4
H47 ₁	3 AC	2,88 EF	1,61 D	1,96 H	0,7 CE	1422,8	2,7 A	5487,8
K29 ₁₀	4,67 AB	3,54 AE	2 AD	2,58 FH	0,86 BE	1527,5	1,96 A	3481,3
N32 ₁₁	1,33 C	2,49 F	1,79 CD	2,92 CH	0,54 DE	1406,3	1,73 A	4505,2

Letras distintas muestran diferencias significativas entre familias ($p < 0,05$ Test de Tukey).

Tabla 3. Variables relativas a la producción de semillas que presentaron las 29 familias de *P. notatum*. Prod*: producción. MR/MV*: macollos reproductivos/macollos vegetativos.

Familias	Prod.* de semillas acumulado (g/fam)	Longitud de racimo basal (cm)	Número de inflorescencias	Relación MR/MV*
H47 ₁₁	30 AC	12,47 AB	2,88 AE	3,17 AC
J10 ₆	38 AC	12,84 A	3,31 AC	3,92 A
L29 ₁	24,67 AC	11,1 BI	2,96 AD	3,79 AB
H13 ₈	27,33 AC	11,86 AF	3,04 AD	3,96 A
J42 ₇	28 AC	11,11 BI	2,92 AE	2,47 AD
N41 ₉	38 AC	12,32 AD	2,25 CG	3,21 AC
N35 ₄	29 AC	11,79 AG	3,83 A	2,79 AD
H13 ₅	11,67 AC	10,51 EJ	1,67 EG	2,29 BD
P25 ₆	25 AC	11,3 AH	3,34 AC	3,02 AD
H13 ₁₁	42,67 AB	12,47 AB	2,79 AF	2,92 AD
J13 ₆	31,67 AC	12,42 AC	2,71 AG	2,86 AD
N41 ₁	33,67 AC	11,34 AH	2,61 AG	2,57 AD
H13 ₉	6,67 BC	10,84 CJ	2,75 AF	2,96 AD
N41 ₅	27 AC	12,06 AE	3,46 AC	2,96 AD
J42 ₈	49 A	10,76 DJ	3,54 AB	3,17 AC
L29 ₈	13,33 AC	10,57 EJ	1,46 G	1,92 CD
J18 ₁	20 AC	10,53 EJ	2,42 BG	2,25 CD
K46 ₃	20,33 AC	12,6 AB	2,88 AE	2,67 AD
L21 ₇	25 AC	9,54 IJ	2,95 AD	2,75 AD
J13 ₄	17,33 AC	12,31 AD	2,51 BG	2,32 BD
K6 ₂	2,33 C	10,21 HJ	2,5 BG	2,63 AD
H13 ₃	15,33 AC	11,37 AH	3,44 AC	2,95 AD
J42 ₃	20 AC	11,33 AH	3,13 AD	2,08 CD
N24 ₇	14,83 AC	12,56 AB	2,33 BG	2,38 BD
H13 ₂	13 AC	10,42 FJ	3,48 AC	2,5 AD
J42 ₄	29,67 AC	11,25 AH	3,54 AB	2,08 CD
H47 ₁	15 AC	11,83 AF	1,91 DG	1,87 CD
K29 ₁₀	27,67 AC	10,16 HJ	3,88 A	2,21 CD
N32 ₁₁	6,33 BC	9,3 J	1,56 FG	1,64 D

Letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$ Test de Tukey).

En la Fig. 5 puede observarse la producción de semillas acumulada, cuya cosecha fue realizada en dos ocasiones, donde claramente las familias destacadas fueron la J42₈, H13₁₁, N41₉ y J10₆. El momento de cosecha se consideró dos semanas después del pico de floración promedio de toda la parcela, y se decidió cosechar en dos ocasiones por la elevada variabilidad observada a nivel de familia. Gráficamente, se observan familias con escasa

producción o directamente nula en la primera cosecha, por ejemplo, la familia H47₁ y K6₂, esto podría deberse a que estas progenies tienen un período reproductivo más tardío.

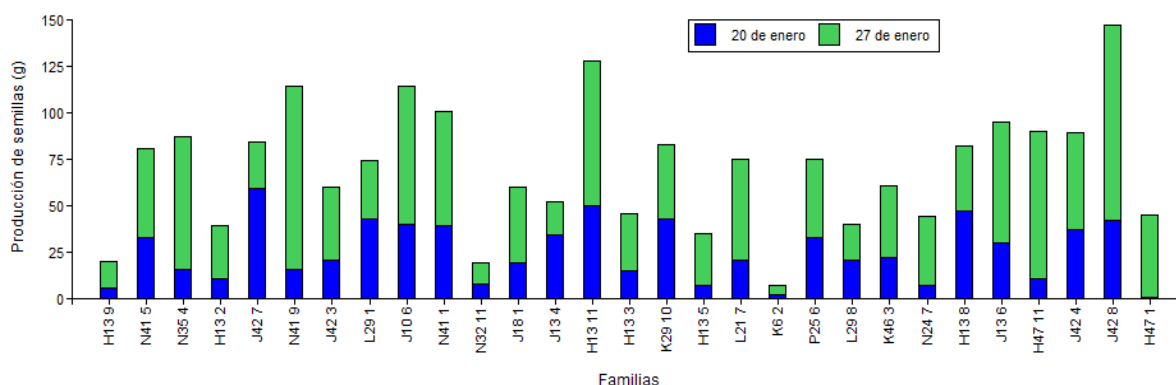


Figura 5. Producción de semillas en g/familia de las 29 familias de *Paspalum notatum*, realizada en dos períodos.

Cuando las variables morfológicas fueron correlacionadas con las agronómicas, se pudieron observar diferentes resultados. En el primer segmento de la Tabla 4, al correlacionar las variables morfológicas, con la de producción de materia seca en el período primaveral, se observaron resultados significativos ($p \leq 0.05$) para todas las variables, a excepción del ancho de lámina. Y en la segunda parte, se observa que se halló correlación entre largo de láminas y altura de plantas, pero no hubo correlación entre altura de plantas y área cubierta por las mismas.

Tabla 4. Análisis de correlación de las variables medidas sobre la progenie de 29 familias de *Paspalum notatum*.

Variables morfológicas	Producción Materia Seca	
	Coefficiente de Pearson	p-valor
Área	0,47	$5,00 \times 10^{-06}$
Largo lámina	0,58	$3,70 \times 10^{-09}$
Altura	0,52	$2,80 \times 10^{-07}$
Ancho lámina	-0,0037	0,97
	Largo de lámina	
	Coefficiente de Pearson	p-valor
Altura de plantas	0,56	$1,80 \times 10^{-08}$
	Área cubierta	
	Coefficiente de Pearson	p-valor
Altura de plantas	0,14	$2,00 \times 10^{-01}$

En cuanto a las variables agronómicas (Tabla 5), como resultado del análisis de correlación se obtuvieron valores positivos entre ellas, pudiendo concluir que al seleccionar por crecimiento inicial de las plantas, el resto de las variables de interés agronómico como el crecimiento estival, invernial y la tolerancia al frío responden positivamente a dicha selección al igual que la producción de materia seca.

Tabla 5. Análisis de correlación entre las variables de interés agronómico sobre la progenie de 29 familias de *Paspalum notatum*.

	Crecimiento inicial	
VARIABLES AGRONÓMICAS	Coeficiente de Pearson	p-valor
Crecimiento estival	0,67	$1,50 \times 10^{-12}$
Crecimiento invernial	0,42	$5,40 \times 10^{-05}$
Tolerancia frío	0,23	$3,00 \times 10^{-02}$
	Producción Materia Seca	
VARIABLES AGRONÓMICAS	Coeficiente de Pearson	p-valor
Crecimiento inicial	0,52	$2,00E \times 10^{07}$
Tolerancia al frío	0,4	$1,10 \times 10^{-04}$

Por último, en la Tabla 6 se observa que la producción de semillas también se correlacionó de manera significativa ($p \leq 0.05$) con las tres variables restantes, es decir que, a medida que aumentó la producción de semillas, también lo hizo el largo de racimo basal, el número de inflorescencias y la relación MR/MV correspondiente a cada familia.

Tabla 6. Análisis de correlación entre las variables morfo-agronómicas, relativas a la producción de semillas 29 familias de *Paspalum notatum*.

	Producción de semillas	
VARIABLES MORFO-AGRONÓMICAS	Coeficiente de Pearson	p-valor
Longitud de racimo basal	0,3	0,01
Número de inflorescencias	0,33	$1,90 \times 10^{-03}$
Macollos reproductivos/M. vegetativos	0,34	$1,30 \times 10^{-03}$

Selección a partir de aptitud combinatoria general

Estimación de aptitud combinatoria por comparación de medias obtenidas de la progenie

En las Fig. 1, 2, 3 y 4 y en las Tablas 3 y 4, se logran observar los resultados obtenidos de las 13 variables medidas sobre la progenie de las 29 familias en estudio. Dichas variables fueron discutidas previamente destacando las familias que tuvieron mejor comportamiento a campo. De modo que la selección de los diez progenitores femeninos está ligada a las plantas que presentaron medias superiores para la mayoría de los parámetros medidos.

En la Fig. 6 se presentan las diez familias selectas en relación a la biomasa que produjeron durante los tres meses posteriores al corte de emparejamiento (Agosto 2016) y también los datos del segundo corte, donde claramente se observa que la productividad fue mayor en el período estival. Si comparamos la producción de biomasa de los híbridos en estudio con lo que produjo un cultivar de la misma especie evaluado en la EEA INTA Reconquista (Saucedo et al., 2016), podemos observar que los valores de productividad del Boyero UNNE fueron cercanos a 2500 Kg MS/ha (Diciembre 2015) y 3000 Kg MS/ha (Febrero 2016) con un tiempo de descanso similar, entre un corte y otro, al que se realizó en el presente trabajo. Resulta importante destacar que la productividad de los híbridos evaluados fue marcadamente mayor durante el período estival (excepto N35₄) en relación al cultivar Boyero UNNE.

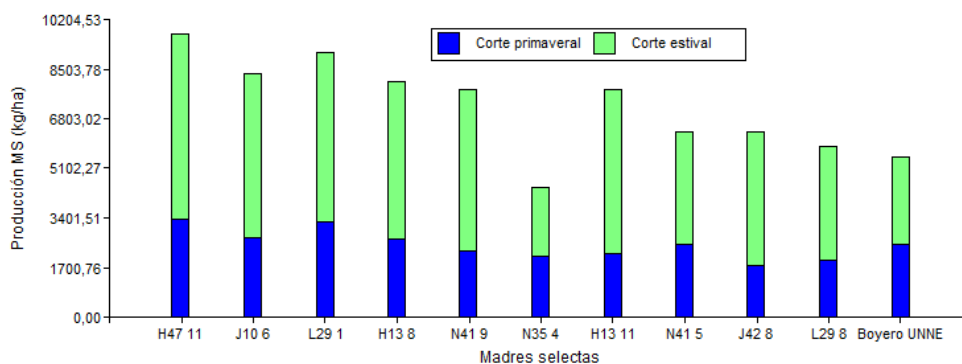


Figura 6. Producción de materia seca acumulada (kg/ha) en las progenies de diez madres selectas de *Paspalum notatum* y del cultivar Boyero UNNE. Los datos del cultivar Boyero UNNE fueron publicados por Saucedo et al., 2016.

Estimación de aptitud combinatoria mediante fórmula enunciada por Falconer (1986)

Como podemos observar en las Tablas 7 y 8, los resultados obtenidos nos permiten cuantificar la capacidad de los genotipos sexuales para generar buenos híbridos. Se presentan resultados positivos, negativos y en algunos casos nulos. Observando la Tabla 7, para la variable crecimiento estival 15 familias expusieron valores positivos, destacándose las familias H13₁₁, H13₈, H47₁₁, J10₆, J42₈, L29₁, N35₄, N41₅ y N41₉. En relación a la tolerancia al frío las familias H13₁₁, H13₈, H13₉, H47₁₁, J42₃, J42₇, L29₁, N35₄, N41₉ y P25₆ resultaron ser más tolerantes. Por su parte, el crecimiento invernal estuvo representado por 13 familias que expusieron índices positivos, siendo H13₁₁, H13₂, H13₃, H13₅, H13₈, H47₁, J10₆, J42₈ y K29₁₀ las que presentaron valores superiores. En relación a la producción de semillas 16 familias fueron superiores, destacándose las familias H13₁₁, H13₈, H47₁₁, J10₆, J13₆, J42₄, J42₈, K29₁₀, N41₁ y N41₉. Por último, para producción de materia seca 14 familias arrojaron resultados positivos, siendo la H13₈, H47₁₁, J10₆, L29₁, N35₄, N41₅ y N41₉ las que mejores índices alcanzaron.

Tabla 7. Índices de aptitud combinatoria para variables agronómicas de 29 plantas madres de *Paspalum notatum*.

Madres	Crecimiento estival	Tolerancia al frío	Crecimiento invernal	Producción de semillas	Producción materia seca
H13 ₁₁	0,16	0,38	0,45	2,12	0,00
H13 ₂	-0,32	-0,51	0,60	-1,18	-0,05
H13 ₃	0,09	-0,47	0,41	-0,92	-0,08
H13 ₅	-0,13	0,05	0,56	-1,32	-0,03
H13 ₈	0,57	0,71	0,60	0,42	0,06
H13 ₉	-0,17	0,38	-0,25	-1,88	-0,02
H47 ₁	-0,35	-1,06	0,56	-0,95	-0,04
H47 ₁₁	0,46	0,16	0,04	0,71	0,08
J10 ₆	0,61	0,08	0,64	1,60	0,08
J13 ₄	-0,54	-0,29	-0,36	-0,69	-0,02
J13 ₆	-0,35	-0,17	0,01	0,90	-0,01
J18 ₁	-0,32	-0,25	0,04	-0,40	-0,01
J42 ₃	-0,17	0,23	-0,51	-0,40	0,02
J42 ₄	-0,28	-0,54	-0,44	0,68	0,02
J42 ₇	-0,24	0,20	-0,29	0,49	0,02
J42 ₈	0,50	0,12	0,27	2,82	0,02
K29 ₁₀	0,24	-0,43	0,23	0,45	-0,02
K46 ₃	0,09	-0,32	0,01	-0,36	-0,02
K6 ₂	0,05	-0,51	-0,62	-2,36	-0,01
L21 ₇	0,05	0,01	-0,10	0,16	-0,02
L29 ₁	0,35	1,05	-0,14	0,12	0,09
L29 ₈	0,02	-0,14	-0,03	-1,14	0,02
N24 ₇	-0,21	-0,36	-0,22	-0,97	0,01
N32 ₁₁	-0,72	-0,10	-0,25	-1,92	-0,06
N35 ₄	0,35	0,64	-0,25	0,60	0,04
N41 ₁	-0,21	-0,25	-0,66	1,12	0,01
N41 ₅	0,35	0,12	-0,44	0,53	0,05
N41 ₉	0,16	0,75	-0,07	1,60	0,04
P25 ₆	0,02	0,57	0,12	0,16	-0,02

Por otra parte, en la Tabla 8 se encuentran expuestos los resultados de las variables morfológicas evaluadas en las 29 familias de *P. notatum*. Con respecto a la altura de plantas, 13 familias tuvieron valores positivos, destacándose las familias H13₅, H13₈, H47₁₁, J10₆, J42₇, L29₁, N35₄ y N41₉. En relación a la longitud de láminas 10 familias obtienen valores positivos, siendo las familias H13₁₁, H13₈, H47₁₁, J10₆, L29₁ y N41₉ las que se destacaron.

Para ancho de lámina 15 familias tuvieron resultados positivos, siendo las familias que se distinguieron la H13₃, J10₆, J42₈, K6₂ y L29₈. En cuanto a la longitud de racimo basal 11 familias arrojaron índices positivos, entre las que se destacan J10₆, J13₄, J13₆, K46₃ y N41₉. Referido al área cubierta por las plantas 12 familias tuvieron comportamiento superior, distinguiéndose la J42₄, J42₈, L29₈ y la N35₄.

Tabla 8. Índices de aptitud combinatoria para variables morfológicas de 29 plantas madres de *Paspalum notatum*.

Madres	Altura	Largo lámina	Ancho lámina	Longitud racimo basal	Área
H13 ₁₁	2,57	5,04	0,04	1,43	-0,01
H13 ₂	-3,13	-3,77	-0,04	-1,23	0,00
H13 ₃	-3,21	-3,81	0,07	0,62	0,00
H13 ₅	3,01	-0,36	0,04	-0,75	-0,04
H13 ₈	6,31	7,30	0,04	0,77	0,02
H13 ₉	0,72	0,01	0,00	-0,38	-0,04
H47 ₁	-5,39	-1,77	0,04	-0,16	-0,02
H47 ₁₁	8,68	6,82	-0,02	-9,68	-0,01
J10 ₆	5,87	5,01	0,05	1,84	0,03
J13 ₄	-4,21	-4,96	-0,11	1,25	-0,09
J13 ₆	-1,65	-2,99	-0,05	1,39	-0,02
J18 ₁	-1,28	-2,96	-0,09	-0,72	-0,03
J42 ₃	-2,28	0,82	-0,07	0,14	0,01
J42 ₄	-3,50	-0,33	0,02	0,06	0,05
J42 ₇	3,42	-0,29	0,01	-1,31	-0,05
J42 ₈	-0,13	-0,47	0,09	-0,46	0,07
K29 ₁₀	-6,95	-7,81	-0,02	-1,53	0,01
K46 ₃	-1,58	-0,92	-0,05	1,58	0,00
K6 ₂	-2,02	-4,07	0,08	-1,46	-0,01
L21 ₇	-1,84	-0,51	0,04	-1,83	0,03
L29 ₁	6,83	7,64	0,01	-0,49	0,02
L29 ₈	-0,50	1,08	0,07	-0,68	0,04
N24 ₇	-2,43	-1,33	0,01	2,02	0,03
N32 ₁₁	-7,91	-7,58	-0,03	-1,75	-0,06
N35 ₄	3,35	1,23	-0,03	-0,64	0,05
N41 ₁	1,20	0,12	0,04	-0,23	-0,01
N41 ₅	0,01	-0,03	0,04	0,51	0,03
N41 ₉	4,75	5,16	-0,01	1,25	0,03
P25 ₆	1,27	3,75	-0,06	-0,68	-0,01

Para concluir con el análisis de este mecanismo de selección, los genotipos sexuales que se destacaron según los resultados expuestos en las Tablas 7 y 8 fueron H13₁₁, H13₈, H47₁₁, J10₆, J42₇, J42₈, L29₁, N35₄, N41₅ y N41₉, por presentar índices superiores para la gran mayoría de las variables medidas.

Estimación de aptitud combinatoria mediante índice con coeficientes

En la Tabla 9 se presentan ordenados de mayor a menor los genotipos sexuales con sus respectivos índices, cuya progenie mostró un buen comportamiento para la mayoría de las variables evaluadas. Cabe aclarar que los genotipos J42₇, J13₄ y N41₁, muestran buenos índices (0,88 - 0,82 - 0,73, respectivamente) pero, comparativamente con los resultados obtenidos en los métodos de evaluación previos, se logró observar que la progenie solo se destaca para algunas variables evaluadas. Por ejemplo, la familia J13₄, en el análisis de la fórmula de Falconer, solamente tuvo resultados positivos para la variable de longitud de racimo basal (Tabla 8). De manera similar para el caso de N41₁, se observaron buenos resultados solamente en producción de semillas y altura de plantas (Tabla 7 y 8), no siendo así para el resto de las variables en estudio.

Tabla 9. Genotipos sexuales de *Paspalum notatum* con sus correspondientes índices. * La fórmula de Índice fue llevada a una escala de 0 a 1, siendo 1 la madre que expresó mejores características en su progenie.

Madres	Índice	Madres	Índice	Madres	Índice
H47 ₁₁	1,00	N35 ₄	0,71	N24 ₇	0,63
L29 ₁	0,95	H13 ₉	0,70	K6 ₂	0,61
J42 ₇	0,88	J18 ₁	0,69	K46 ₃	0,60
H13 ₈	0,87	J42 ₃	0,69	L21 ₇	0,53
J10 ₆	0,86	J13 ₆	0,68	K29 ₁₀	0,52
J13 ₄	0,82	H13 ₅	0,67	H47 ₁	0,51
N41 ₉	0,77	L29 ₈	0,65	N32 ₁₁	0,48
N41 ₅	0,77	J42 ₈	0,63	H13 ₂	0,46
H13 ₁₁	0,74	J42 ₄	0,63	H13 ₃	0,37
N41 ₁	0,73	P25 ₆	0,63		

Por lo tanto, el método de selección por coeficientes, para algunos casos, puede sobreestimar o subestimar las características de la progenie de una determinada familia. Se

lo considera un método eficiente y sencillo que engloba todas las variables analizadas en un solo índice, pero debería realizarse ajustes a nivel de coeficientes para tener valores más certeros.

Finalmente, luego de la selección realizada por comparación de medias superiores (Tabla 3), por aptitud combinatoria según Falconer (Tablas 7 y 8) y por último, por coeficientes (Tabla 9), se llegó a la identificación final de ocho plantas madres que se caracterizaron por dar una progenie con características forrajeras deseables. Los genotipos sexuales seleccionados fueron H47₁₁, L29₁, H13₈, J10₆, N41₉, N41₅, H13₁₁ y N35₄, los cuales se destacaron en los tres métodos de selección.

CONCLUSIONES

- Las familias evaluadas mostraron ser altamente diferentes para un gran número de características morfológicas y agronómicas, lo cual demuestra la variabilidad presente en el germoplasma tetraploide sexual utilizado como madre.
- Las variables agronómicas de interés forrajero mostraron correlación con las variables morfológicas. Esto otorgaría la posibilidad de elegir un genotipo, en función a una variable determinada y que esto implique la selección de otras variables en simultáneo.
- La evaluación de la aptitud combinatoria general de los progenitores femeninos fue efectiva en la selección de los mismos. Se identificaron genotipos tetraploides sexuales de *Paspalum notatum* que en cruzamientos con genotipos apomícticos generan progenies superiores.
- Los tres métodos utilizados en la identificación de los progenitores femeninos de *Paspalum notatum* mediante su aptitud combinatoria, resultaron ser altamente coincidentes. Sin embargo, el mecanismo por coeficientes presenta la particularidad de unificar las variables en un solo índice que simplifica la selección. .

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, C.A., Blount A.R., Quesenberry K.H., Kenworthy K.E. & Hanna W.W. 2009. Bahiagrass tetraploid germplasm: reproductive and agronomic characterization of segregating progeny. *Crop Sci.* 49: 581–588.
- Acuña, C.A., Blount A.R., Quesenberry K.H., Kenworthy K.E. & Hanna W.W. 2011. Tetraploid bahiagrass hybrids: breeding technique, genetic variability and proportion of heterotic hybrids. *Euphytica* 179: 227–235.
- Burton, G.W. & Forbes I. 1960. Proc. 8th Int. Grassland Cong. Reading, England. 11 21 Jul. Reading, Eng. pp. 66–71.
- Di Rienzo, J., Balzarini M., Gonzalez L., Casanoves F., Tablada M. & Robledo C.W. 2016. Software Infostat Versión Estudiantil.
- Deregibus, V.A. 1988. Importancia de los pastizales naturales en la República Argentina: situación presente y futura. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8: 67–78.
- Falconer, D.S. 1986. Introducción a la Genética Cuantitativa. Compañía Editorial Continental S. A. de C.V. Calz. De Tlalpan núm. 4620, México 22, D.F. 11: 199–218.
- Gates, R.N., Quarín, C.L. & Pedreira C.G.S. 2004. Bahiagrass. En: L.E. Moser, et al., editors, Warm-season (C4) grasses. *Agron. Monogr.* 45. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. pp. 651–680.
- Lázaro, E.C., Gutierrez, E., Gil, A.P., & Rodríguez Herrera, S. 2003. Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la comarca lagunera. *Rev. Fitotec. Mex.* 26: 279 – 284.
- López Benítez, L., Borrego Escalante, F., Zamora Villa, V.M., Guerra Zitlalapa, L. 2012. Estimación de Aptitud Combinatoria General y Aptitud Combinatoria Específica en Siete Líneas de Tomate. *Rev. Agraria.* 9: 87–95.
- Martínez, E.J., Urbani, M.H., Quarín, C.L. & Ortiz J.P.A. 2001. Inheritance of apospory in bahiagrass, *Paspalum notatum*. *Hereditas* 135: 19–25.

- Miles, J.W. 2008. Mejoramiento genético en plantas forrajeras de reproducción apomíctica. *Revista Argentina de Producción Animal* 28: 137–145.
- Ortiz, J.P.A., Quarin, C.L., Pessino, S.C., Acuña, C.A., Martínez, E.J., Espinoza, F., Hojsgaard, D., Sartor, M.E., Cáceres, M.E., and Pupilli, F. 2013. Harnessing apomictic reproduction in grasses: what we have learned from *Paspalum*. *Ann. Bot.* 112: 767–787.
- Pessino, S., Ortiz, J.P., Echenique, V., Gonzalez, A., Seijo, G., y Quarin, C. 2008. Apomixis: una herramienta poderosa para el mejoramiento. *Revista agromensajes de la facultad*. ISSN: 16698584.
- Poehlman, J.M., & Allen Sleper, D. 2005. *Mejoramiento Genético de las Cosechas*. Editorial Limusa, S.A. Grupo Noriega Editores. 11: 213–229.
- Quarin, C.L., Espinoza, F., Martínez, E.J., Pessino, S.C. & Bovo, O.A. 2001. A rise of ploidy level induces the expression of apomixis in *Paspalum notatum*. *Sex. Plant Reprod.* 13: 243–249.
- Quesenberry, K.H., Dampier, J.M., Lee, Y.Y., Smith, R.L. & Acuña, C.A. 2010. Doubling the chromosome number of bahiagrass via tissue culture. *Euphytica* 175: 43–50.
- Saucedo, M.A., Castro, C.G., Obregón, H.J. & Dolzani, E. 2016. Introducción de nuevas pasturas en el norte de Santa Fe. *Voces y Ecos.* 35: 47–49.
- Stein, J., Quarin, C.L., Martinez, E.J., Pessino, S.C. & Ortiz, J.P.A. 2004. Tetraploid races of *Paspalum notatum* show polysomic inheritance and preferential chromosome pairing around the apospory-controlling locus. *Theor. Appl. Genet.* 109: 186–191.
- Zilli, A.L., Brugnoli E.A., Marcón F., Billa M.B., Rios E.F., Quarin C.L., Martínez E.J. & Acuña C.A. 2015. Heterosis and expressivity of apospory in tetraploid bahiagrass hybrids. *Crop Sci.* 55:1189–1201.
- Zilli, A.L., Acuña C.A., Quarin C.L. & Martínez E.J. 2014. Variabilidad genética de una población tetraploide sexual sintética de *Paspalum notatum*. *J. Basic Appl. Genet.* 25: 209.