

**VARIABILIDAD GENÉTICA DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE
RAIGRÁS ANUAL TETRAPLOIDE (*Lolium multiflorum* Lam.) CRECIENDO
EN ESTAND DENSO Y PLANTA AISLADA**

Trabajo Final de Grado
de la alumna



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 1 de diciembre de 2023

**VARIABILIDAD GENÉTICA DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE
RAIGRÁS ANUAL TETRAPLOIDE (*Lolium multiflorum* Lam.) CRECIENDO
EN ESTAND DENSO Y PLANTA AISLADA**

Trabajo Final de Grado
de la alumna

MAIA TEDESCO

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

(Nombre y Apellido)
Evaluador/a

Ing. Agr. (M. Sc.)
Alejo Ré
Co-Director/a

Dra. Mariela Luciana
Acuña
Director/a

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 1 de diciembre de 2023

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora Mariela Luciana Acuña y mi Co-Director Alejo Ré por brindarme la posibilidad de trabajar en el programa de mejoramiento genético de especies forrajeras de la EEA INTA Pergamino. Por estar siempre presentes, por su dedicación, por su apoyo y por la confianza que depositaron en mí durante la realización del trabajo.

Al equipo de campo, Nelson y Parri, porque siempre estuvieron para despejar mis dudas y colaboraron con mis ensayos, por su buena disposición, por los mates de la mañana y hacer que el trabajo realizado sea muy ameno.

A la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por formarme profesionalmente y en especial a los profesores, que todos estos años me hicieron sentir como en casa y me dejaron grandes enseñanzas.

A mis padres, Dora y Sergio, por apoyarme en cada paso que doy, por transmitirme seguridad y por ser el sostén de mi vida estando lejos o cerca, sin ellos no hubiese sido posible. A mi hermano Yamil, por escucharme, por ayudarme a tomar datos, por brindarme su apoyo incondicional. A mi tía Laura, por acompañarme desde el principio y brindarme fuerzas para lograr mis objetivos.

A mi novio Manuel, quien me ayudó a cumplir este sueño, brindándome su amor, paciencia, compañerismo y respeto. Por ser amable y por escucharme siempre que lo necesité.

A mis amigas de toda la vida, que, a pesar de la distancia, siempre estuvieron impulsándome a seguir. Por celebrar mis logros como propios. Por todos los buenos momentos que compartimos y por los que vamos a seguir compartiendo.

A mis compañeros de la facultad, personas increíbles que me acompañaron durante estos años y que con su compañía hicieron que el trayecto sea más fácil. Fueron un gran sostén para mí, me hicieron sentir que tenía una familia en Pergamino y que no estaba sola.

Y, por último, quiero agradecer especialmente a mi abuela Esther, quien me acompañó gran parte de mi vida y a pesar de que hoy no esté presente físicamente, siempre va a estar en mi corazón. Le dedicó este logro a ella, por el amor y la ayuda que me brindó siempre. ¡Gracias!

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES.....	3
TAXONOMÍA, ORIGEN, DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE.....	3
ASPECTOS GENÉTICOS DE LA ESPECIE	3
ASPECTOS AGRONÓMICOS Y PRODUCTIVOS DE LA ESPECIE	4
MEJORAMIENTO GENÉTICO DE RAIGRÁS ANUAL TETRAPLOIDE	4
3. HIPÓTESIS.....	6
4. OBJETIVOS	6
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
5. MATERIALES Y MÉTODOS	7
5.1 GERMOPLASMA A EVALUAR Y DISEÑO DE LOS ENSAYOS	7
5.2 EXPERIMENTO 1 (ESTAND DENSO)	8
Preparación y siembra a campo.....	8
Descripción agro-meteorológica en la localidad de Concepción del Uruguay	8
Caracteres evaluados	8
5.3 EXPERIMENTO 2 (PLANTA ASILADA).....	11
Germinación, acondicionamiento en invernáculo y trasplante a campo	11
Descripción agro-meteorológica en la localidad de Pergamino	12
Caracteres evaluados	12
5.4 ANÁLISIS DE DATOS.....	16
Variables cualitativas:.....	16
Variables cuantitativas:	16
6. EXPERIMENTO 1 (ESTAND DENSO)	20
6.1 RESULTADOS.....	20
6.1.1 Variables cualitativas	20
6.1.2 Variables cuantitativas.....	21
6.2 DISCUSIÓN	37
Variabilidad entre FMH.....	37
Variables cualitativas (cobertura y vigor).....	37
Variables cuantitativas.....	38
6.3 CONCLUSIONES.....	42
7. EXPERIMENTO 2 (PLANTA AISLADA)	43
7.1 RESULTADOS.....	43
7.1.1 Variables Cualitativas	43
7.1.2 Variables cuantitativas	43
7.2 DISCUSIÓN	63
Variabilidad entre FMH.....	63
Variables cualitativas (Hábito de crecimiento).....	63
Variables cuantitativas.....	63
7.3 CONCLUSIÓN.....	67
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL.....	68
DISCUSIÓN GENERAL.....	68
CONCLUSIÓN GENERAL	69

9.	REFERENCIAS.....	70
----	------------------	----

RESUMEN

Entre las especies forrajeras de mayor importancia en los sistemas ganaderos de Argentina, se destaca el raigrás anual. Debido a que en el mercado actual hay escasa variabilidad entre los materiales tetraploides con respecto a la precocidad, la selección en favor de la precocidad y de la producción de materia seca, generaría materiales que se diferencien de los que se comercializan actualmente, y permitiría incrementar la oferta de forraje en los períodos críticos de oferta forrajera (Mendizábal, 2021). El objetivo del trabajo fue caracterizar y evaluar a través caracteres morfo-fisiológicos, 50 FMH de raigrás anual tetraploide creciendo en condiciones de planta aislada y estand denso. Las 50 FMH fueron dispuestas en un diseño experimental en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones en los siguientes ensayos: uno en estand denso en la Estación Experimental Agropecuaria de Concepción del Uruguay (EEA) (32°30'S; 58°22'O) y uno en planta aislada en la EEA Pergamino (33°56'S; 60°33'O). Para la caracterización morfo-fisiológica se evaluaron diversos caracteres durante las etapas vegetativa y reproductiva. Se realizaron los correspondientes análisis estadísticos con Infostat®. A través del presente estudio se determinó la existencia de variabilidad genética significativa entre las FMH. Las FMH 1, 4, 5, 18 y 19 presentaron buen comportamiento y fueron seleccionadas en ambos experimentos, mientras que las FMH, 6, 10, 11, 15 y 17, fueron las selectas exclusivamente en el experimento en estand denso y las FMH 39, 40, 42, 44, 46 y 48 fueron las selectas exclusivamente en el experimento en planta aislada. Las FMH mencionadas como superiores podrían ser policruzadas para generar una sintética destacada para los caracteres de interés.

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina en los últimos años, la expansión agrícola ha desplazado a la producción ganadera hacia ambientes marginales, los cuales presentan características edáficas como alcalinidad, salinidad, sequía, anegamiento, que limitan el desarrollo de los cultivos intensivos y de las pasturas cultivadas, es decir, ambientes con un bajo potencial productivo. Esta situación genera la necesidad de aumentar la receptividad en estos ambientes (Centro de Investigaciones en Recursos Naturales/INTA [CIRN/INTA], 2012) y mejorar la calidad y/o la estacionalidad de la oferta de forraje.

Entre las especies forrajeras de mayor importancia, tanto en ambientes de alta productividad como marginales a la agricultura, se destaca el raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) (Álvarez, 2010). En los últimos años, se ha convertido en una alternativa válida como verdeo invernal en los planteos forrajeros. Esto se debe, en parte, al aporte genético de los nuevos materiales, casi todos introducidos de otros países, que se adaptaron muy bien a nuestras condiciones ambientales (Amigone, 2004). Además, gracias a las diversas condiciones de manejo, en las últimas décadas, se han incorporado genotipos diploides y tetraploides (Ansín *et al.*, 2007; Cahupé *et al.*, 1985; Fernández *et al.*, 2008). Estas características, junto al rápido establecimiento (Piñeiro *et al.*, 2001), la buena aceptación por parte del ganado (Brizuela *et al.*, 1983), la resistencia a pastoreos intensivos (Gutiérrez y Rossi, 1997; Marino *et al.*, 1995) y una composición nutritiva más equilibrada que los verdeos tradicionales (avena y centeno) (Davies *et al.*, 2003), son los atributos que contribuyeron a su amplia difusión en la región templado-húmeda de nuestro país.

Por lo mencionado anteriormente y debido a la importancia de la especie a nivel nacional, en el presente trabajo, se desarrollarán investigaciones referidas al comportamiento genético de la especie forrajera raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.), con el objetivo de obtener materiales promisorios destinados a generar cultivares que aporten a la mejora de la productividad y calidad en los sistemas ganaderos actuales.

2. ANTECEDENTES

Taxonomía, origen, distribución geográfica y descripción botánica de la especie

El género *Lolium* pertenece a la subfamilia Festucoideae de la familia de las gramíneas (Aramendía, 2005). El género está formado por ocho especies (Terrel, 1968):

- L. perenne* L.
- L. multiflorum* Lam.
- L. rigidum* Gaud.
- L. remotum* Schrank
- L. temulentum* L.
- L. persicum* Boiss. & Hoh.
- L. subulatum* Vis.
- L. canariense* Steud.

De estas ocho especies, solo dos son de importancia agronómica (*Lolium multiflorum* y *Lolium perenne*), el resto son consideradas malezas.

Lolium multiflorum Lam. ha sido descrita en 1778 por Lamarck, y es una gramínea nativa de ambientes mediterráneos de Europa y África, la cual se comenzó a cultivar en Lombardía (Italia, s. XIII–XIV) (Aramendía, 2005; Parodi, 1964). Se encuentra en toda Europa, norte de África y Asia (Aramendía, 2005). Además, se encuentra naturalizada en Argentina y ampliamente difundida en la región templado-húmeda de nuestro país (Regner, 2016).

Las plantas del género *Lolium* se caracterizan por su espiga, que va de 10 a 40 cm de largo con 5 a 38 espiguillas unidas al raquis en forma plana (Hannaway *et al.*, 1999). Las espiguillas se encuentran de lado, de forma alterna a lo largo del raquis y tienen de 2 a 22 flores. Todas las espiguillas, excepto la terminal, tienen una única gluma. Las glumas son membranosas y tienen de 3 a 9 nervios (Stace y Cotton, 1980). Es una especie que posee un follaje de color verde intenso, brillante y suave en la cara inferior, glabro de vainas cerradas y con láminas opacas y ásperas en la cara superior, con una marcada nervadura central que permite distinguirla fácilmente de otras gramíneas (Parodi, 1964). Tiene un sistema radicular denso y altamente ramificado.

Aspectos genéticos de la especie

Actualmente, en los sistemas de producción animal, existen variedades diploides ($2n=2X=14$) y tetraploides ($2n=4x=28$) seleccionadas para diferentes aplicaciones.

Generalmente, los cultivares tetraploides se han producido mediante el tratamiento de meristemas y semillas diploides con sustancias químicas como la colchicina, que interfieren en la formación del huso acromático y permiten obtener gametos no reducidos (Cornish *et al.*, 1979). Un procedimiento menos efectivo que involucra la vía sexual, denominado cruzamiento interploide, también ha sido utilizado para la obtención de variedades tetraploides (Lamote *et al.*, 2002).

Los cultivares diploides se destacan por presentar un mayor número de macollos con hojas finas y tienden a ser más versátiles y de mayor rusticidad, soportando mejor las condiciones adversas de manejo, clima y suelo. En cambio, los cultivares tetraploides presentan hojas más anchas pero un número menor de macollos por planta. Además, tienen un potencial productivo más alto en condiciones ambientales favorables y responden muy bien en suelos sin grandes limitaciones de humedad y fertilidad, especialmente de nitrógeno (Amigone y Tomaso, 2006). Con algunas excepciones, los materiales tetraploides presentan un tamaño de grano mayor que los diploides. Estos últimos, han sido seleccionados para aumentar la producción total de materia seca (Costa *et al.*, 2004).

Aspectos agronómicos y productivos de la especie

El raigrás anual, ocupa el segundo lugar después de la avena como el verdeo de invierno más utilizado en el país. Durante las últimas dos décadas, se ha convertido en una especie clave en los sistemas de producción de carne y lácteos que requieren fuentes alternativas de alimentos durante los períodos de bajo crecimiento invernal de las pasturas perennes (Scheneiter, 2014).

Su producción es otoño-inverno-primaveral; aunque el grueso de la misma se ubica temporalmente a fines del invierno y en primavera, correspondiendo con momentos de altas tasas de crecimiento (De Battista y Ré, 2008). Es por ello que su éxito en cuanto al aumento del área sembrada en nuestro país se relaciona con su capacidad para producir forraje en pleno invierno, momento en el que otros cultivos disminuyen su tasa de crecimiento (Scheneiter, 2014).

El raigrás anual tiene rápida germinación (5-7 días) y desaparece del lote rápidamente al cumplir su ciclo y elevarse la temperatura en verano. Su máxima tasa de crecimiento se presenta entre los 20 y 25°C, y en condiciones de humedad adecuadas (750 mm anuales). Su máximo potencial se expresa en suelos profundos, fértiles, con buen nivel de materia orgánica (3-5%) y textura de franca a franco-arcillosa, con un pH cercano a la neutralidad (Hannaway *et al.*, 1999; Mazzanti *et al.*, 1992). Presenta una buena respuesta a la fertilización nitrogenada, sobre todo cuando la misma se realiza a fines del invierno, debido a la baja disponibilidad de nitratos en el suelo (Castaño, 2005; Vázquez y Barberis., 1982; Whigman *et al.*, 1997).

Una vez establecido puede sobrevivir a breves períodos de anegamiento (Smoliak *et al.*, 1981). En contraste, presenta baja tolerancia a la sequía, debido a que posee un sistema radicular muy superficial, por lo que no se recomienda su implantación en la zona sub-húmeda del país (Amigone, 2003). Por otro lado, no sufre por las heladas y es resistente al pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*). Aunque presenta susceptibilidad a ciertas royas (*Puccinia coronata* y *P. graminis*) (Parodi, 1964).

Mejoramiento genético de raigrás anual tetraploide

El principal objetivo del mejoramiento genético vegetal es modificar y aprovechar la variabilidad genética con la intención de obtener variedades que satisfagan las necesidades del hombre en determinadas circunstancias (Orozco *et al.*, 2015). El

fitomejoramiento es un proceso de gran importancia que permite transformar un componente de la biodiversidad en un recurso genético y, por lo tanto, en un producto con importancia económica. Es muy raro encontrar un componente de la biodiversidad que directamente pueda ser utilizado en un proceso productivo, es por ello que este proceso es esencial para transformar los materiales adecuándolos a las necesidades del hombre. Hoy en día, el mercado exige alta calidad y producción a bajo costo, combinación rara de encontrar en la naturaleza (Cabrera, 2016).

En diversos países productores de carne, los granos constituyen la base principal de alimentación del ganado, mientras que, la principal fuente de alimento en Argentina corresponde a los pastizales nativos y a las especies forrajeras cultivadas que representan la principal ventaja económica de la producción pecuaria del país (Díaz *et al.*, 2004).

La importancia de mejorar raigrás anual radica en que es un cultivo noble, útil para varios propósitos, ya sea como forrajera de calidad, como puente verde o como productora de semilla (Pauletti, 2015). A pesar de ser una especie con producción otoño-inverno-primaveral, es posible de mejorar para adelantar su producción de forraje (De Battista y Ré, 2008). En este caso, se emplea el término "precocidad" de un material vegetal, el cual hace referencia a la capacidad de adelantar su desarrollo en relación a otros materiales de la misma especie. Por lo tanto, si una variedad de raigrás anual es más precoz que otra, se espera que produzca anticipadamente mayor cantidad de forraje (Lus, 2010). De esta forma, se logrará cubrir el bache invernal que suele darse entre finales de otoño y principios de invierno, época en la que la cantidad de forraje disponible para la alimentación del ganado es limitada. Es importante destacar que una característica relacionada con la precocidad es la fecha de floración (Mendizábal, 2021), la cual tendrá lugar entre fines de octubre y principios de noviembre (Scheneiter, 2014).

Debido a que en el mercado actual hay escasa variabilidad entre los materiales tetraploides con respecto a la precocidad, la selección en favor de la precocidad y de la producción de materia seca, generaría materiales que se diferencien de los que se comercian actualmente, y permitirían incrementar la oferta de forraje en los períodos críticos de oferta forrajera (Mendizábal, 2021).

3. HIPÓTESIS

Existe variabilidad genética en caracteres morfo-fisiológicos entre 50 familias de medio hermanos (FMH) de raigrás anual tetraploide, creciendo en estand denso y planta aislada.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar y evaluar a través caracteres morfo-fisiológicos, 50 FMH de raigrás anual tetraploide creciendo en condiciones de estand denso y planta aislada.

Objetivos específicos

- Evaluar la variabilidad genética en caracteres morfo-fisiológicos entre FMH de raigrás anual tetraploide, creciendo en estand denso y planta aislada.
- Estimar los parámetros genéticos de los caracteres cuantitativos (varianza genética, varianza ambiental, varianza fenotípica y heredabilidad en sentido estricto).
- Realizar análisis multivariados para los caracteres morfo-fisiológicos evaluados y determinar las correlaciones fenotípicas entre los mismos.
- Seleccionar FMH y/o genotipos de buen comportamiento agronómico creciendo en estand denso y planta aislada.
- Realizar la predicción de la ganancia genética al seleccionar FMH y/o genotipos posibles de ser incorporados a futuros programas de mejoramiento genético de la especie.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 GERMOPLASMA A EVALUAR Y DISEÑO DE LOS ENSAYOS

Se estudió la variabilidad genética de 50 FMH de raigrás anual tetraploide, correspondiente a un germoplasma con tres ciclos de selección previa (Mendizábal *et al.*, 2021), provenientes del programa de mejoramiento de las Estaciones Experimentales Agropecuarias (EEA) de INTA Pergamino (33°56'S; 60°33'O) y Concepción del Uruguay (32°30'S; 58°22'O). La variabilidad genética se evaluó a través de caracteres morfo-fisiológicos.

Las 50 FMH de raigrás anual tetraploide fueron dispuestas en un diseño experimental en bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones en los siguientes ensayos: un ensayo en estand denso (EEA Concepción del Uruguay; Imagen 1 y 2) y uno en planta aislada (EEA Pergamino; Imagen 3 y 4). En Pergamino, el día 11 de mayo del 2022 se sembró el ensayo en estand denso pero debido a contingencias climáticas no se logró la implantación del mismo, motivo por el cual no se pudo emplear para el presente estudio.



Imagen 1 y 2: Ensayo en estand denso (EEA Concepción del Uruguay)



Imagen 3 y 4: Condición de planta aislada (EEA Pergamino)

5.2 EXPERIMENTO 1 (ESTAND DENSO)

Preparación y siembra a campo

En la localidad de Concepción del Uruguay, el día 13 de junio del 2022 cada FMH se sembró emulando una densidad de siembra de 23 kg/ha. Para cada FMH, se realizaron dos surcos de un metro de largo por 0,20 m entre surcos, es decir, cada FMH se dispuso en parcelas de 0,4 m². Uno de los surcos se utilizó para la toma de datos de caracteres reproductivos y otro para caracteres vegetativos.

Descripción agro-meteorológica en la localidad de Concepción del Uruguay

En el Gráfico 1 se presentan los valores de las variables meteorológicas registradas en la localidad de Concepción del Uruguay durante los meses de duración del ensayo a campo.

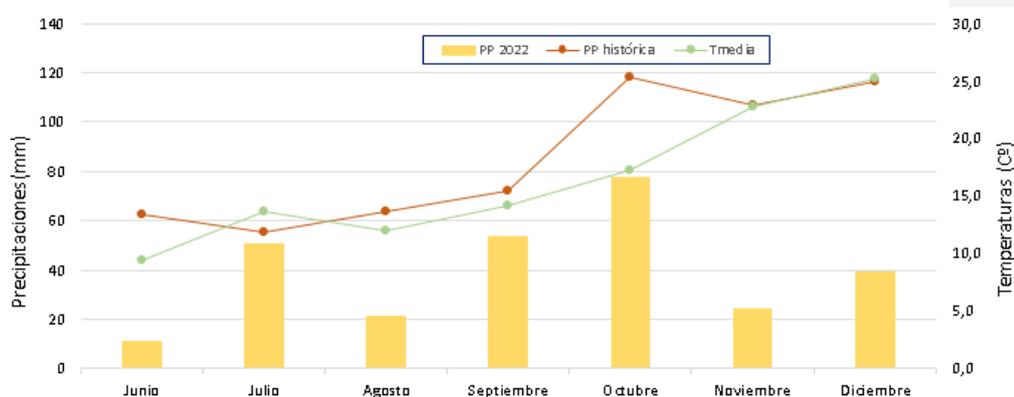


Gráfico 1. Temperaturas medias (°C) y precipitaciones (mm) durante los meses del ensayo en Concepción del Uruguay, y valores históricos (PP históricas en mm)

Caracteres evaluados

Para la caracterización morfo-fisiológica se evaluaron 13 caracteres durante las etapas vegetativa y reproductiva.

Toma de datos: Caracteres vegetativos

La toma de datos comenzó el día 16 de agosto del año 2022. Se evaluaron los siguientes caracteres vegetativos: número de macollos/m², altura (cm), cobertura (en %), vigor (1 a 5) y producción de forraje (KgMs/ha).

- **Número de macollos:** a los 64 días desde la siembra se registró el número de macollos. Para esto, en cada parcela se contaron los macollos en 17 cm del surco, y luego estos valores fueron llevados a macollos/m².

- **Altura:** A los 64 y a los 106 días desde la siembra se registró la altura, en cada repetición, se tomaron 3 mediciones (en cm) para cada FMH y se promediaron dichos valores. La última medición se realizó de forma previa al primer corte. Se utilizó una regla graduada, apoyando la misma desde la base de la planta estirada hacia el extremo superior.
- **Cobertura:** a los 64 días desde la siembra se midió la cobertura de manera visual, para ello se observó el porcentaje de suelo desnudo, en donde un 100% indicaba ausencia de suelo desnudo, disminuyendo el porcentaje cuanto mayor cantidad de suelo desnudo se presentaba.
- **Vigor:** a los 106 días desde la siembra se inspeccionó de manera visual, como medida de productividad de forraje, el vigor de crecimiento invernal por planta, utilizando una escala visual del 1 al 5, en donde, 1=nulo; 2=bajo; 3=bueno; 4=muy bueno y 5 =excelente.
- **Peso de la materia seca del primer corte:** a los 106 días (1291 °C) desde la siembra se cosechó el forraje fresco de cada surco utilizando una cortadora eléctrica. El contenido vegetal de cada FMH y repetición se colocó en un sobre de papel previamente rotulado, luego, se llevó a una estufa de aire forzado y se mantuvo a 65 °C hasta lograr un peso seco constante (aprox. 2-3 días). Posteriormente, se efectuó el pesaje con una balanza y se registró el dato en gramos, luego, se realizó la conversión de unidades de los datos (de gramos a kg de Materia Seca/ha).
- **Peso de la materia seca del segundo corte:** a los 148 días (715 °C) desde la siembra se realizó la segunda cosecha de forraje fresco, procediendo de igual forma que lo explicado anteriormente.
- **Peso de materia seca total:** correspondió a la suma de la materia seca en kgMS/ha de los dos cortes efectuados.

Toma de datos: Caracteres reproductivos

Se consideraron rasgos reproductivos aquellos comprendidos desde el momento del pasaje del estado vegetativo al reproductivo hasta la cosecha de semillas:

- **Fecha de floración:** se registró el inicio de la floración para cada parcela en una planilla diseñada para tal fin, se tomaron los datos desde que floreció la primera FMH hasta que lo hizo la última. Se determinaron los “días a inicio de la floración”, es decir, los días que a la FMH le tomó florecer, para ello se contaron los días transcurridos desde el 13 de junio (momento de la siembra) hasta la emergencia de las primeras espigas.

Para realizar las mediciones correspondientes a las variables que se mencionan a continuación, se aclara que la cosecha de espigas de cada FMH se realizó cuando cada parcela llegó al estado de madurez, aproximadamente a los 20-30 días de la fecha de floración. Cada FMH de cada repetición se cortó a nivel de la base utilizando una hoz y las espigas se depositaron en sobres de papel que contenían la identificación adecuada. Antes de la trilla los caracteres evaluados fueron los siguientes:

- **Número de espigas:** Las espigas de cada parcela fueron colocadas en una bandeja de plástico y se procedió con el conteo de las mismas. En este caso, se cosechó 1 metro lineal de espigas, por lo tanto, el nº de espigas corresponde a 0,2 m² cosechados, entonces el valor obtenido se multiplicó por 5 para realizar la conversión a metros cuadrados (nosp/m²).
- **Largo de espigas:** Se seleccionaron al azar 3 espigas por parcela y en cada caso, con una regla se midió (en cm) el largo desde primera espiguilla hasta el extremo de la espiga. Los 3 valores obtenidos se promediaron y ese valor fue el utilizado para los análisis posteriores.
- **Espiguillas por espiga:** en este caso, se utilizaron las mismas espigas seleccionadas para medir el largo. Se contabilizaron la cantidad de espiguillas para cada una de las 3 espigas y se promediaron los valores.

Para realizar las mediciones correspondientes a las variables que se mencionan a continuación, se aclara que una vez evaluados los caracteres mencionados arriba, el contenido de cada parcela volvió a ser colocado en el sobre correspondiente para no perder material. Finalmente, se trilló con una trilladora eléctrica y se limpiaron las muestras con un tamiz. Mediante la trilla se logró obtener una muestra de semillas completamente limpia, libre de semillas vanas (vacías) y otros restos vegetales. Luego, las semillas se depositaron en sobres de papel pequeños previamente rotulados. A continuación, se pesaron las semillas en una balanza de precisión modelo HZT-A +300 (máx:300 g, d:1 mg):

- **Peso total de semillas:** las semillas de cada sobre se vertieron en un recipiente de plástico y se colocó en la balanza para proceder con el pesaje. Previamente la balanza se taró con el peso del recipiente. De esta forma, se obtuvo el rendimiento de semilla de cada FMH en gramos. El peso de semillas que se obtuvo en gramos correspondía a un surco (0,2 m²), luego, se realizó la conversión a kg/ha.
- **Peso de mil semillas:** del total de semillas producidas por cada FMH en cada repetición se contaron y separaron 100 semillas puras, las cuales se pesaron y se multiplicó por 10 el valor obtenido, de este modo se obtuvo el peso de 1000 semillas en gramos.

En el Cuadro 1 se observan las variables medidas con su correspondiente abreviatura:

Cuadro 1. Abreviaturas para los caracteres vegetativos y reproductivos evaluados en el experimento 1

Tipo de Carácter	Variable	Tipo de Variable	Abreviatura
Vegetativo	Cobertura	Cualitativa	Cob
	Vigor	Cualitativa	vigor
	Número de macollos	Cuantitativa	nmac
	Altura de planta primer medición	Cuantitativa	alt1
	Altura de planta segunda medición	Cuantitativa	alt2
	Peso de materia seca primer corte	Cuantitativa	peso1
	Peso de materia seca segundo corte	Cuantitativa	peso2
	Peso de materia seca total	Cuantitativa	ptotal
Reproductivo	Días a inicio de floración	Cuantitativa	DAF
	Número de espigas/m ²	Cuantitativa	nesp/m ²
	Largo de espiga	Cuantitativa	Lesp
	Espiguillas por espiga	Cuantitativa	eesp
	Peso total de semilla	Cuantitativa	psem
	Peso de mil semillas	Cuantitativa	p1000

5.3 EXPERIMENTO 2 (PLANTA ASILADA)

Germinación, acondicionamiento en invernáculo y trasplante a campo

El 6 de abril del 2022 se sembraron en speedlings las semillas correspondientes a cada FMH (tres semillas de cada FMH por celda, 18 celdas por FMH), bajo condiciones semi-controladas en invernáculo y se ralearon las plántulas hasta obtener una planta en cada celda. Se facilitó el crecimiento de cada planta (genotipo) hasta lograr el desarrollo de al menos cuatro macollos.

El 13 de julio de 2022 se realizó el trasplante de las 50 FMH al campo experimental de la EEA Pergamino. Como ya se mencionó, se utilizó un DBCA con 3 repeticiones, y cada FMH estuvo representada, en cada repetición, por 6 plantas dispuestas en una hilera distanciadas a 0,40 m entre plantas y 0,40 m entre hileras. La

distancia dispuesta entre las plantas corresponde a la “Técnica de cultivos experimentales en ambiente homogéneo” establecida por Turesson (1922) que permite eliminar los efectos ambientales en cada planta individual y estimar la expresión genética de cada carácter con mayor precisión.

Teniendo en cuenta las 3 repeticiones del ensayo y que, a su vez, se emplearon 6 individuos por FMH por repetición, la intención era evaluar un total de 18 individuos por FMH. Sin embargo, la gran sequía durante el período del ensayo a campo, llevó a la muerte de varios individuos correspondientes a distintas FMH, es por ello que, a la hora de realizar los diversos análisis estadísticos detallados a continuación, se decidió trabajar con la media de la parcela (medias de FMH por repetición) y no con los datos de plantas individuales.

Desde el trasplante a campo hasta la finalización del ensayo, el mismo se mantuvo bajo control de malezas y se regó regularmente para lograr la implantación del mismo.

Descripción agro-meteorológica en la localidad de Pergamino

En el Gráfico 2 se presentan los valores de las variables meteorológicas registradas en la localidad de Pergamino durante los meses de duración del ensayo a campo.

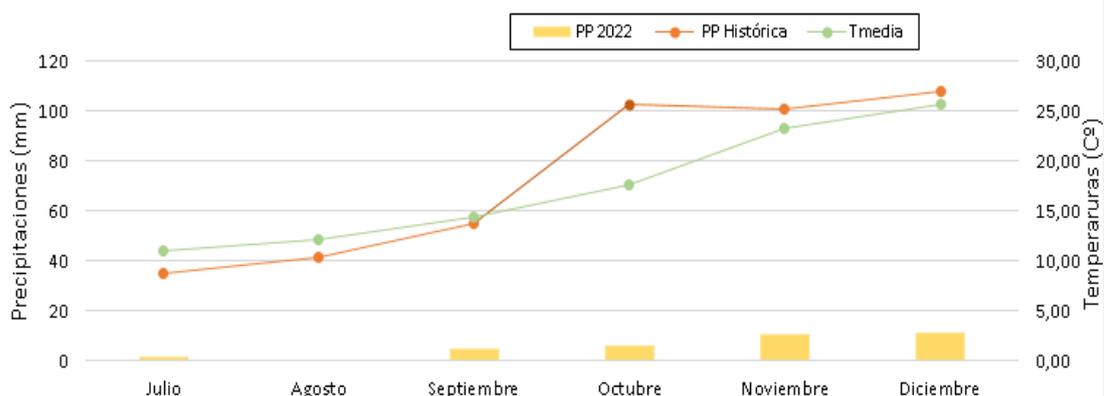


Gráfico 2. Temperaturas medias (°C) y precipitaciones (PP mm) durante los meses del ensayo en Pergamino, y valores históricos (PP históricas en mm)

Caracteres evaluados

Para la caracterización morfo-fisiológica se evaluaron un total de 9 caracteres durante las etapas vegetativa y reproductiva sobre las plantas vivas en cada fecha. En el siguiente link se presenta una planilla en donde se muestran las plantas muertas y/o

faltantes al finalizar el ensayo: [registrodeplantasmuertasyfaltantes.xlsx - Hojas de cálculo de Google](#)

Toma de datos: caracteres vegetativos

La toma de datos comenzó el día 1 de agosto del año 2022. Se evaluaron los siguientes caracteres vegetativos: número de macollos por planta y altura de la planta (cm) (para ambos caracteres se tomaron mediciones semanales y luego cada 10-15 días), y hábito de crecimiento. Luego, se calcularon las tasas de crecimiento para la altura de planta y la tasa de macollaje.

- **Hábito de crecimiento:** A los 36 días desde el trasplante se recorrió el ensayo registrando los tres hábitos de crecimiento posibles: rastrero, semirastrero y erecto (Imagen 5).

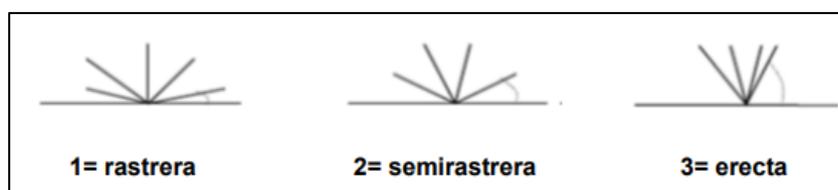


Imagen 5: Tipos de hábitos de crecimiento

- **Altura:** A los 19 días desde el trasplante se comenzó a medir la altura de cada planta en centímetros, apoyando una regla graduada desde la base de la planta estirada hasta el extremo superior. La última medición se realizó a los 130 días desde el trasplante. Se realizaron un total de 12 mediciones de altura.
- **Tasa de crecimiento para altura de planta:** se calcularon dos tasas de crecimiento para el carácter, una de las tasas correspondió a las alturas evaluadas en invierno (julio, agosto y septiembre) y la otra correspondió a las evaluaciones realizadas durante la primavera (septiembre, octubre y noviembre).
- **Número de macollos por planta:** a los 20 días desde el trasplante se comenzó con el conteo del número de macollos producido por cada planta. El último conteo se realizó a los 111 días desde el trasplante. Se realizaron un total de 11 conteos.
- **Tasas de macollaje:** se calcularon dos tasas de macollaje para el carácter, una de las tasas correspondió a las evaluaciones de macollos realizadas en invierno (julio, agosto y septiembre) y la otra correspondió a las evaluaciones realizadas durante la primavera (septiembre, octubre y noviembre).

Toma de datos: caracteres reproductivos

Para la toma de datos de la etapa reproductiva se procedió de manera similar al experimento 1:

- **Fecha de floración:** se registró el inicio de la floración para cada planta en una planilla diseñada para tal fin, se tomaron los datos de 2 a 3 veces por semana desde que floreció la primera planta hasta que lo hizo la última. Se determinaron los “días a inicio de la floración”, es decir, los días que a la planta le tomó florecer. Para ello se contaron los días transcurridos desde el 13 de julio (momento del trasplante) hasta la emergencia de las primeras espigas.

Para realizar las mediciones correspondientes a las variables que se mencionan a continuación, se aclara que la cosecha de espigas de cada planta individual se realizó a los 147 y 152 días desde el trasplante, concluyendo este paso en dos etapas debido a las diferencias de madurez. Cada planta se cortó a nivel de la base utilizando una hoz y las espigas fueron colocadas en sobres de papel que contenían la identificación adecuada. Para elegir la fecha de cosecha se tuvo en cuenta que las plantas estén lo suficientemente secas, pero que no liberen semillas. Antes de la trilla los caracteres evaluados fueron los siguientes:

- **Número de espigas por planta:** Las espigas de cada planta fueron colocadas en una bandeja de plástico y se procedió con el conteo de las mismas.
- **Largo de espigas:** Se seleccionaron al azar 3 espigas por planta y en cada caso, con una regla se midió (en cm) el largo desde primera espiguilla hasta el extremo de la espiga. Los 3 valores obtenidos para cada planta se promediaron.
- **Espiguillas por espiga:** en este caso, se utilizaron las mismas espigas seleccionadas para medir el largo. Se contabilizaron la cantidad de espiguillas para cada una de las 3 espigas y se promediaron los valores.

Una vez evaluados los caracteres mencionados, las espigas de cada planta volvieron a ser colocadas en el sobre correspondiente para no perder material y se procedió con trilla. El contenido de cada planta individual se trillo de manera manual y utilizando un tamiz para retener material vegetal no deseado, luego, las semillas se depositaron en sobres de papel pequeños previamente rotulados. A continuación, se pesaron las semillas en una balanza de precisión modelo HZT-A +300 (máx:300 g, d: 1 mg):

- **Peso total de semillas:** las semillas de cada sobre se vertieron en un recipiente de plástico y se colocó en la balanza para proceder con el pesaje. Previamente la balanza se taró con el peso del recipiente. De esta forma, se obtuvo el rendimiento de semilla de cada planta en gramos.
- **Peso de mil semillas:** del total de semillas producidas por cada planta, se contaron y separaron 100 semillas puras, las cuales se pesaron y se multiplicó por 10 el valor obtenido, de este modo se obtuvo el peso de 1000 semillas en gramos.

En el Cuadro 2 se observan las variables medidas con su correspondiente abreviatura:

Cuadro 2. Abreviaturas para los caracteres vegetativos y reproductivos evaluados en el experimento 2

Tipo de carácter	Variable	Tipo de Variable	Abreviatura
Vegetativo	Hábito de crecimiento	Cualitativa	Hab Crec
	Número de macollos 1	Cuantitativa	nmac1
	Número de macollos 2	Cuantitativa	nmac2
	Número de macollos 3	Cuantitativa	nmac3
	Número de macollos 4	Cuantitativa	nmac4
	Número de macollos 5	Cuantitativa	nmac5
	Tasa de macollaje Invierno	Cuantitativa	TNmInv
	Número de macollos 6	Cuantitativa	nmac6
	Número de macollos 7	Cuantitativa	nmac7
	Número de macollos 8	Cuantitativa	nmac8
	Número de macollos 9	Cuantitativa	nmac9
	Número de macollos 10	Cuantitativa	nmac10
	Número de macollos 11	Cuantitativa	nmac11
	Tasa de macollaje Primavera	Cuantitativa	TNmPmv
	Altura de planta primer medición	Cuantitativa	Alt1
	Altura de planta segunda medición	Cuantitativa	Alt2
	Altura de planta tercer medición	Cuantitativa	Alt3
	Altura de planta cuarta medición	Cuantitativa	Alt4
	Altura de planta quinta medición	Cuantitativa	Alt5
	Tasa altura de planta Invierno	Cuantitativa	TAltInv
	Altura de planta sexta medición	Cuantitativa	Alt6
	Altura de planta séptima medición	Cuantitativa	Alt7
	Altura de planta octava medición	Cuantitativa	Alt8
	Altura de planta novena medición	Cuantitativa	Alt9
Altura de planta décima medición	Cuantitativa	Alt10	
Altura de planta undécima medición	Cuantitativa	Alt11	
Altura de planta duodécima medición	Cuantitativa	Alt12	
Tasa altura de planta primavera	Cuantitativa	TAltPmv	
Reproductivo	Días a inicio de floración	Cuantitativa	DAF
	Número de espigas	Cuantitativa	Nesp
	Largo de espiga	Cuantitativa	Lesp
	Espiguillas por espiga	Cuantitativa	Eesp
	Peso total de semillas	Cuantitativa	Psem
	Peso de mil semillas	Cuantitativa	p1000

5.4 ANÁLISIS DE DATOS

En ambos experimentos, a partir de los datos obtenidos para los caracteres morfo-fisiológicos, se realizaron diversos análisis estadísticos utilizando el programa estadístico Infostat® (Di Rienzo *et al.*, 2010).

Para las variables cualitativas solo se realizaron análisis descriptivos. Para las variables cuantitativas se obtuvieron las medidas de resumen, se realizaron análisis de la varianza y sus componentes y se comprobó el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas con modelos lineales generales y mixtos, también, se llevaron a cabo comparaciones de medias a través de la prueba LSD de FISHER, análisis multivariados (Análisis de Componentes Principales y de Conglomerados) y correlaciones entre caracteres (Pearson).

VARIABLES CUALITATIVAS:

Se emplearon análisis descriptivos para las variables cualitativas: hábito de crecimiento, cobertura y vigor. Se analizaron las distribuciones de frecuencias relativas.

VARIABLES CUANTITATIVAS:

Medidas de resumen

Se solicitaron medidas de resumen (media, desvío estándar, coeficiente de variación, valor mínimo y máximo para la variable) para las variables cuantitativas evaluadas en ambos experimentos.

Análisis de la varianza

Se utilizó un modelo de bloques completamente aleatorizado: $Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + \epsilon_{ij}$. Se aplicó este modelo para llevar a cabo análisis interfamiliares para cada carácter, y de este modo, se pudo analizar la significancia de las varianzas de los diferentes caracteres entre FMH (Cuadro 3).

Donde:

- μ : media general
- A_i : representa el componente de varianza debido a familias
- B_j : componente de varianza debido a bloques
- ϵ_{ij} : es el componente de varianza debido al error experimental

Cuadro 3. Fuentes de variación, grados de libertad (GL), suma de cuadrados (SC), cuadrados medios (CM) y esperanza de los cuadrados medios (E(CM)), para cada componente de la varianza en el análisis entre FMH

Fuente de variación	GL	SC	CM	E(CM)
Repeticiones	r-1	SC repeticiones	SC repeticiones/(r-1)	
Entre familias	f-1	SC familias	SC familias/ (f-1)	$\sigma^2_{error} + r \cdot \sigma^2_{familias}$
Error	(r-1).(f-1)	SC error	SC error / (r-1).(f-1)	σ^2_{error}
Total	fr-1	SC total		

Donde:

- r: número de bloques o repeticiones, en este caso, r=3
- f: número de familias de medios hermanos, en este caso, 50 FMH

Prueba de distribución normal y homogenización de varianzas

Cuando se aplica un análisis de varianza, se deben cumplir los siguientes supuestos: errores independientes, distribución normal y varianzas homogéneas para todas las observaciones (Balzarini *et al.*, 2008).

En este estudio, para todas las variables analizadas, se utilizó el módulo de Modelos Lineales Generales y Mixtos, lo que permitió comprobar la distribución normal a través de la obtención de un Q-Q plot utilizando los residuos como variable de análisis. Esta técnica generó un diagrama de dispersión de los residuos obtenidos versus los cuantiles teóricos de una distribución normal. Por otro lado, se analizó la homogeneidad de las varianzas obteniendo un gráfico de dispersión de residuos versus valores predichos, de esta forma, si los errores eran homocedásticos se observaba una nube de puntos sin patrón alguno, en cambio, si el gráfico mostraba un determinado patrón había indicios para sospechar sobre el incumplimiento del supuesto (Balzarini *et al.*, 2008). En los casos de no cumplir con dicho supuesto, se procedió a modelar la heterocedasticidad con las distintas alternativas para lograr la homogenización de las mismas y así, proseguir con los análisis. En el presente estudio se aplicó la modelación de varianzas con la opción "VarPower" para la variable "peso total de semillas" correspondiente al experimento 2.

Comparación de medias a través de LSD FISHER

Junto con el Análisis de la Varianza (ANOVA) se solicitó al programa los valores de medias por FMH para cada carácter y se utilizó el test LSD Fisher de comparaciones múltiples. Este test compara las diferencias observadas entre cada par de promedios muestrales con el valor crítico correspondiente a la prueba T para dos muestras independientes. Las diferencias que se encuentren por encima de este valor crítico se consideran significativas, mientras que las que están por debajo se consideran como no significativas (Balzarini *et al.*, 2008).

Estimación de parámetros genéticos (varianza genética, varianza ambiental y varianza fenotípica)

Para cada variable, los componentes de varianza se estimaron a partir de las esperanzas de los cuadrados medios ($E(CM)$) obtenidas en los cuadros de análisis de la varianza (Cuadro 3).

$$\sigma^2_f = (CM_f - CM_e)/r$$

Donde:

- σ^2_f : Varianza genética entre las familias de medios hermanos
- CM_f : Cuadrado medio de familias de medios hermanos
- CM_e : Cuadrado medio del error experimental
- r : Número de repeticiones

$$\sigma^2_e = CM_e$$

- σ^2_e : Varianza del error

$$\sigma^2_{PFM} = \sigma^2_f + \sigma^2_e / r$$

- σ^2_{PFM} : Varianza fenotípica en base a medias de familia

Estimación de la heredabilidad en sentido estricto y ganancia genética

Una vez obtenidos los componentes de varianza a partir del análisis de varianza, para cada carácter evaluado, se estimó la heredabilidad en sentido estricto en base a las medias familiares (h^2_{PFM}), definida como la proporción de la variación fenotípica atribuible a factores genéticos aditivos. Bajo el diseño utilizado, la varianza entre familias (σ^2_f) es un estimador directo de la varianza aditiva (Nguyen y Sleeper, 1983), por lo que la fórmula de cálculo fue la siguiente:

$$h^2_{PFM} = \sigma^2_f / \sigma^2_{PFM} = \sigma^2_f / (\sigma^2_f + \sigma^2_e / r)$$

- σ^2_f : Varianza genética entre las familias de medios hermanos
- σ^2_{PFM} : Varianza fenotípica en base a medias de familia
- σ^2_e : Varianza del error
- r : Número de repeticiones, en este caso, 3

La Ganancia por ciclo (ΔG) de selección fue predicha de la siguiente forma:

$$\Delta G = c \cdot i \cdot h^2_{PFM} \cdot \sigma_{PFM} = c \cdot [(\bar{x}_{\text{selección}} - \bar{x}_{\text{inicial}}) / \sigma_{PFM}] \cdot h^2_{PFM} \cdot \sigma_{PFM}$$

Donde:

- c : coeficiente parental, en este caso, $c=1$, ya que en función a la evaluación se eligen las FMH destacadas y se usa semilla remanente para policruzar las selectas
- i : intensidad de selección estandarizada
- \bar{x}_{inicial} : media general para la variable

- \bar{x} selección: media de selección (media correspondiente a las 10 mejores FMH para la variable)
- σ_{PFM} : desvío estándar

La Ganancia genética se obtuvo en las unidades de las variables, por lo tanto, para comparar mejor entre las mismas, se calculó la ganancia genética en porcentaje, empleando el siguiente cálculo:

$$\% \Delta G = \Delta G / \bar{x}_{\text{inicial}} * 100$$

Correlaciones fenotípicas entre caracteres morfo-fisiológicos

Con el objetivo de obtener una medida de la magnitud (y dirección) de la asociación de cada par de variables en ambos experimentos, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para estudiar las correlaciones fenotípicas, el cual es una medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables que no depende de las unidades de medida de las variables originales (Conover, 1999).

Análisis multivariados para los caracteres morfo-fisiológicos evaluados

Los análisis multivariados aplicados fueron: Análisis de Componentes Principales y Análisis de Conglomerados.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es un método lineal utilizado para la reducción de dimensionalidad (número de variables). Tiene como objetivo encontrar la menor cantidad de dimensiones posible que permita analizar con mayor facilidad el set de datos, es decir, frente a un banco de datos con muchas variables, busca reducir las mismas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. La interpretación de los factores es un aspecto clave de dicha técnica estadística, ya que ésta no viene dada *a priori*, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (se debe analizar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones) (Gurrea, 2000).

El Análisis de Conglomerados implica agrupar una colección de observaciones de tal manera que las observaciones en un mismo grupo (llamado *cluster*) sean más parecidas entre sí que las observaciones en otros grupos. Se basa en similitudes o distancias entre las observaciones, y, en este caso, se aplicó la distancia euclídea como medida de distancia. Los resultados del agrupamiento se visualizaron a través de un dendograma. Para agrupar los objetos o casos es necesario seguir algún algoritmo. InfoStat provee el valor del coeficiente de correlación cofenética, el cual indica la correlación de las distancias definidas por la métrica de árbol binario con las distancias originales entre objetos, se espera que el agrupamiento con mayor coeficiente sea el que mejor describe el agrupamiento natural de los datos (Balzarini *et al.*, 2008).

6. EXPERIMENTO 1 (ESTAND DENSO)

6.1 RESULTADOS

6.1.1 Variables cualitativas

- **Cobertura:** El 91 % de las FMH presentaron una cobertura mayor al 79 %. De ese 91 %, el 16 % presentó una cobertura entre el 79-86 %, el 23 % presentó una cobertura entre el 86-93 % y el 52 % presentó una cobertura entre 93-100 %. Solo un 9 % de las FMH mostraron una cobertura menor al 71 % (Gráfico 3).

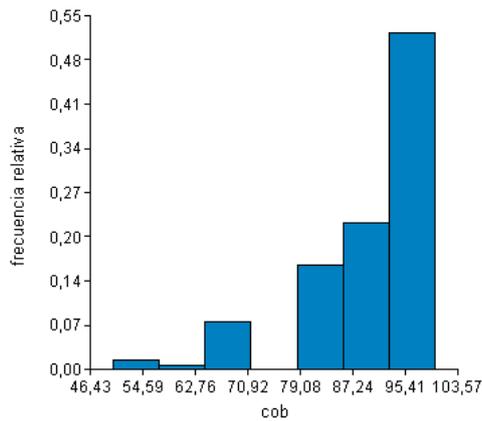


Gráfico 3. Distribución de frecuencias relativas para el carácter cobertura (%) de las 50 FMH evaluadas

- **Vigor:** El mayor porcentaje de las FMH (42,5 %) evidenciaron un vigor de bueno a muy bueno (3-4), mientras que, el 37,5 % de las FMH presentaron un vigor de bajo a bueno (2-3). Por otra parte, solo el 11 % de las FMH evidenciaron un vigor de nulo a bajo (1,5-2) y el 9 % de las FMH presentaron un vigor de muy bueno a excelente (4-5) (Gráfico 4).

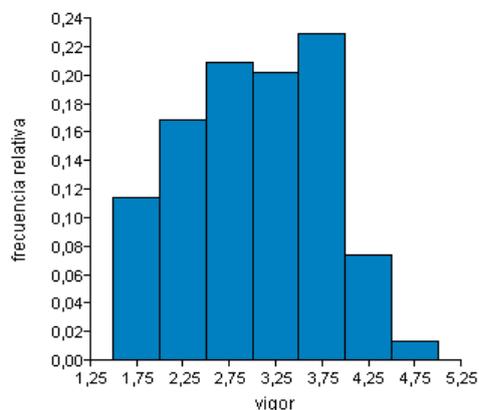


Gráfico 4. Distribución de frecuencias relativas para el carácter vigor de planta de las 50 FMH evaluadas (1=nulo; 2=bajo; 3=bueno; 4=muy bueno y 5 =excelente)

6.1.2 Variables cuantitativas

Caracteres vegetativos:

En el Cuadro 4 se presenta el comportamiento promedio del análisis de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide: media, desvío estándar, coeficiente de variación, máximo, mínimo y significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH), para todos los caracteres vegetativos estudiados. Se observó que existieron diferencias significativas entre FMH para todas las variables ($p \leq 0,05$), con excepción de altura de planta segunda medición (alt2).

Cuadro 4. Comportamiento promedio de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide en caracteres vegetativos. Media, desvío estándar, máximo, mínimo, coeficiente de variación, nivel de significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH).

Variable	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Valor p
nmac (mac/m²)	1783	528,32	29,62	735	3412	0,0374
alt1 (cm)	20,6	3,22	15,60	13,30	30,30	0,0036
alt2 (cm)	57,6	7,07	12,28	39,50	76	0,1192
peso1 (kgMS/ha)	3291	695,12	21,12	1755	5230	0,0052
peso2 (kgMS/ha)	3239	776,11	23,96	1728	6000	0,0001
ptotal (kgMS/ha)	6530	1078,88	16,52	4044	10372	0,0105

En el Cuadro 5 se observan las medias aritméticas de las 50 FMH para todos los caracteres vegetativos evaluados.

Cuadro 5. Medias aritméticas de los caracteres vegetativos evaluados para las 50 FMH de *Lolium multiflorum* y DMS (diferencias mínimas significativas) entre las FMH a través de test LSD Fisher.

FMH	nmac (mac/m ²)	alt1 (cm)	alt2 (cm)	peso1 (kgMS/ha)	peso2 (kgMS/ha)	Ptotal (kgMS/ha)
1	1647	22,3 *	63,3 *	3767 *	3259	7025
2	1706	20,2	62,2 *	2875	2656	5531
3	1667	20	56,5 *	3045	3059	6104
4	1902 *	21,4	60,6 *	3918 *	2744	6662
5	1843 *	22,6 *	61,2 *	3535 *	2203	5738
6	1784 *	23 *	56,2 *	3832 *	3243	7074 *
7	2196 *	26,7	60,3 *	3497 *	2904	6401
8	1932 *	25,4 *	58,6 *	3648 *	2717	6366
9	1951 *	20,8	65,7 *	3498 *	2075	5573
10	1363	21,8	62,2 *	3892 *	2296	6188
11	2304 *	23,2 *	66	3763 *	3224	6987
12	2000 *	21,8	55,5 *	3290	4480 *	7770 *
13	2020 *	20,6	53	2780	3448	6228
14	1539	20,2	55,8 *	3673 *	4931	8604
15	1333	20,8	55,5 *	2628	3821	6450
16	1961 *	21,1	53,4	2837	2821	5658
17	1745	18,2	58,8 *	3388	2627	6015
18	2265 *	24,3 *	63,2 *	3068	2973	6042
19	1470	25 *	63,3 *	3612 *	3792	7404 *
20	1657	19	60,5 *	3072	2589	5661
21	1735	21,5	59,8 *	3363	3269	6633
22	1637	17,4	52	2718	2851	5569
23	2030 *	19,1	53,7	3000	4328 *	7328 *
24	1804 *	20,5	49,2	2428	3312	5740
25	1529	18,9	56,2 *	2787	3133	5920
26	1363	22,7 *	57,7 *	3087	3184	6271
27	1451	21,4	60,4 *	2677	3309	5986
28	1186	19,3	50	2778	3528	6306
29	1637	23,5 *	62 *	4118 *	3776	7894 *
30	2137 *	21,6	60,4 *	3435 *	3808	7243 *
31	1677	21,3	54,1	3325	3571	6896
32	2461	18	55,6 *	3313	2424	5737
33	2324 *	19	58,9 *	4337 *	2573	6910
34	1598	22	59,6 *	3370	3440	6810
35	2176 *	19,2	65,6 *	4392	3475	7866 *
36	1530	18,5	52,4	2767	3149	5916
37	1696	20,2	51,6	2592	2608	5200

38	2196 *	21,8	56,9 *	3220	3251	6471
39	1657	22,1 *	60,2 *	3487 *	3699	7185 *
40	1304	21,1	59,7 *	3673 *	3664	7337 *
41	1951 *	18,7	57,4 *	4200 *	3104	7304 *
42	1755	20,8	52,4	3187	3632	6819
43	1804 *	15,7	48,1	2820	2979	5799
44	2029 *	19	57 *	3307	3237	6544
45	2029 *	18	55,5 *	3448 *	3104	6552
46	1500	19	59,9 *	3075	3032	6107
47	1598	20,7	58,7 *	2573	3323	5896
48	2098 *	18,1	54,3	3350	4096 *	7446 *
49	1520	17,1	55,9 *	3165	3157	6322
50	1490	17,6	52,9	2960	4080 *	7040 *
MG	1783	20,6	57,6	3291	3239	6530
DMS	676,72	4,57	10,5	983,81	1022,76	1570,89

Nota: MG (media general); DMS (diferencia mínima significativa $\alpha=0,05$).

La celda color verde indica la FMH con mayor media para la variable y la celda color rojo indica la FMH con menor media para la variable. El * indica aquellas FMH que no son significativamente diferentes de la FMH con mayor media.

Según lo observado en el Cuadro 5:

- **Número de macollos:** la FMH 32 presentó el mayor número de macollos por m², con un valor de 2461. Mientras que, las FMH 3, 4, 5, 6, 7, 11, 18 y 33 se destacaron por presentar un número de macollos por m² superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 32. En contraste, la FMH 28 fue la que presentó menor número de macollos por m², con un valor de 1186.
- **Altura de la planta primer medición:** la FMH 7 presentó la mayor altura de planta, con un valor de 26,7 cm. Mientras que, las FMH 1, 5, 6, 8, 11, 18, 19 y 29 se destacaron por presentar una altura de planta superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 7. Además, es posible mencionar a las FMH 4, 10 y 15, ya que también fueron algunas de las que mostraron una altura de planta superior a la media general. En contraste, la FMH 43 fue la que presentó menor altura de planta, con un valor de 15,7 cm.
- **Altura de planta segunda medición:** a pesar de que no existieron diferencias significativas entre FMH, la FMH 11 presentó la mayor altura de planta, con un valor de 66 cm. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 9, 10, 17, 18, 19 y 35 se destacaron por presentar una altura de planta superior a la media general. En contraste, la FMH 43 fue la que presentó menor altura de planta, con un valor de 48,1 cm.
- **Peso de materia seca primer corte:** la FMH 35 presentó el mayor peso de materia seca primer corte, con un valor de 4392 kgMS/ha. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 6, 10, 11, 19, 29, 33 y 41 se destacaron por presentar un peso de materia seca superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 35. En contraste, la FMH 24 fue la que presentó menor peso de materia seca, con un valor de 2428 kgMS/ha.

- **Peso de materia seca segundo corte:** la FMH 14 presentó el mayor peso de materia seca segundo corte, con un valor de 4931 kgMS/ha. Mientras que, las FMH 12, 23, 48 y 50 se destacaron por presentar un peso de materia seca superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 14. Además, es posible mencionar a las FMH 1, 6, 15 y 19, ya que también fueron algunas de las que mostraron un peso de materia seca superior a la media general. En contraste, la FMH 9 fue la que presentó menor peso de materia seca, con un valor de 2075 kgMS/ha.
- **Peso de materia seca total:** la FMH 14 presentó el mayor peso de materia seca total, con un valor de 8604 kgMS/ha. Mientras que, las FMH 6, 12, 19, 29, 35 y 48 se destacaron por presentar un peso de materia seca superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 14. Además, es posible mencionar a las FMH 1, 4 y 11, ya que también fueron algunas de las que mostraron un peso de materia seca superior a la media general. En contraste, la FMH 37 fue la que presentó menor peso de materia seca, con un valor de 5200 kgMS/ha.

Caracteres reproductivos:

En el Cuadro 6 se presenta el comportamiento promedio del análisis de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide: media, desvío estándar, coeficiente de variación, máximo, mínimo y significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH), para todos los caracteres reproductivos estudiados. Se observó que existieron diferencias significativas entre FMH para todas las variables ($p \leq 0,05$).

Cuadro 6. Comportamiento promedio de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide en caracteres reproductivos. Media, desvío estándar, máximo, mínimo, coeficiente de variación, nivel de significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH)

Variable	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Valor p
DAF	127	6,82	5,37	106	137	<0,0001
nesp/m ²	598	178,83	29,88	345	1270	<0,0001
lesp (cm)	26,4	3,46	13,09	14,30	34,20	0,0047
Eesp	28,4	3,49	12,31	16	38	0,0074
psem (Kg/ha)	1485	330,98	22,29	720,95	2358,20	0,0015
p1000 (g)	2,87	0,46	15,97	1,79	3,82	<0,0001

En el Cuadro 7 se observan las medias aritméticas de las 50 FMH para los caracteres reproductivos.

Cuadro 7. Medias aritméticas de los caracteres reproductivos evaluados para las 50 FMH de *Lolium multiflorum* y similitudes o diferencias entre las FMH a través de test LSD Fisher

FMH	DAF	nesp/m ²	lesp (cm)	Eesp	psem (Kg/ha)	p1000 (g)
1	124,7	528	28 *	30,3 *	1859 *	3,14
2	126	456	25,1	25	1509	3,36 *
3	127	533	27,3 *	26,7	1530	3,69
4	126,3	506	28,9 *	30,7 *	1606	3,02
5	124,3	571	27,4 *	29,3 *	1679 *	3,33 *
6	126	495	25,6	26,7	1222	3,07
7	130,7 *	505	29,7 *	30,3 *	1560	2,9
8	130 *	535	28,8 *	30,3 *	1306	2,96
9	107	878	22,2	23,3	1132	2,2
10	115,7	545	25,5	29,7 *	1127	3,31
11	127,7	518	28,2 *	29,3 *	1588	3,25
12	129,3 *	505	28,3 *	33,3	1450	2,91
13	132 *	575	24,1	26,3	1421	2,88
14	130 *	418	29,2 *	32 *	1440	2,64
15	127,7	571	25,5	28,7 *	1504	3,1
16	125,3	463	25,6	26,7	1111	3,39 *
17	127	560	27 *	29,7 *	1626	3,39 *
18	123,7	613	26	29,7 *	1822 *	3,27
19	126	521	27,8 *	27,7	1589	3,03
20	115,7	953	20,6	23	1067	2,09
21	130 *	543	28,2 *	29 *	1491	3,3
22	124,3	551	26,3 *	29 *	1974 *	3,52 *
23	130,7 *	468	26,4 *	29,3 *	1249	3,08
24	133 *	543	26,8 *	25,3	1602	3,08
25	127	588	30,1 *	29,7 *	1464	3,16
26	131,7 *	506	23,7	26,3	1564	2,94
27	129,3 *	618	24,7	29 *	1660 *	2,78
28	128,3	566	27,4 *	31,7 *	1283	2,79
29	133 *	548	26,7 *	31 *	1581	2,92
30	128,3	488	27 *	29 *	1453	3,14
31	130,7 *	561	26,2	25	1231	2,5
32	115,7	1098	21,8	26,3	1133	2,09
33	115,7	1068 *	21,4	23,3	1793 *	1,93
34	133 *	671	26,9 *	28,3	1558	2,67
35	106	1051 *	23,6	25	1299	2,06
36	133 *	696	27,3 *	29,3 *	1640 *	2,46
37	131,7 *	581	28 *	29,3 *	1838 *	3,09
38	133 *	458	28,4 *	28	1361	2,75

39	130,7 *	585	26,2	30 *	1418	2,47
40	134,3	526	24,2	28	1226	2,47
41	119	930	21,7	24,7	1399	1,91
42	130,7 *	463	24,5	28	1400	3,08
43	128,3	575	26,8 *	30 *	1828 *	3,09
44	128,3	705	24,4	26,3	2092	2,71
45	128,3	728	25,9	29 *	1498	2,77
46	132 *	510	31,1	28,7 *	1243	2,87
47	130,7 *	480	29,2 *	30,3 *	1310	2,73
48	133,7 *	536	26,6 *	29 *	1410	2,74
49	130,7 *	583	29,2 *	32 *	1787 *	2,34
50	130 *	433	29,2 *	29,3 *	1302	2,91
MG	127	598	26,4	28,4	1485	2,87
DMS	5,08	144,25	4,89	4,94	462,51	0,36

Nota: MG (media general); DMS (diferencia mínima significativa $\alpha=0,05$).

La celda color verde indica la FMH con mayor media para la variable y la celda color rojo indica la FMH con menor media para la variable. El * indica aquellas FMH que no son significativamente diferentes de la FMH con mayor media.

Según lo observado en el Cuadro 7:

- **Días a inicio de floración:** la FMH 40 presentó la mayor cantidad de días a inicio de floración, *i. e.* más tardía, con un valor de 134,3. En contraste, la FMH 35 fue la de menor cantidad de días a inicio de floración, con un valor de 106. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 6, 10, 17, 18 y 19 se destacaron por presentar días a inicio de floración menores o iguales a la media general, es decir, fueron las familias con menos días a floración, *i. e.* más precoces. También, es posible mencionar a las FMH 11 y 15 las cuales presentaron valores apenas por encima del promedio general.
- **Número de espigas/m²:** la FMH 32 presentó el mayor número de espigas por m², con un valor de 1098. Mientras que, las FMH 33 y 35 se destacaron por presentar un número de espigas por m² superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 32. Además, es posible mencionar a la FMH 18, ya que también mostró un número de espigas/m² superior a la media general. En contraste, la FMH 9 fue la que presentó el menor número de espigas por m², con un valor de 418.
- **Largo de espiga:** la FMH 46 presentó el mayor largo de espiga, con un valor de 31,1 cm. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 7, 11, 14, 17, 19, 25, 47 y 50 se destacaron por presentar un largo de espiga superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 46. En contraste, la FMH 20 fue la que presentó el menor largo de espiga, con un valor de 20,6 cm.
- **Espiguillas por espiga:** la FMH 12 presentó el mayor número de espiguillas por espiga, con un valor de 33,3. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 28, 29 y 49 se destacaron por presentar un número de espiguillas por espiga superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 12. En contraste, la FMH 20 fue la que presentó el menor número de espiguillas por espiga, con un valor de 23.

- **Peso total de semillas:** la FMH 44 presentó el mayor peso total de semillas, con un valor de 2092 kg/ha. Mientras que, las FMH 1, 5, 18, 22, 37 y 43 se destacaron por presentar un peso total de semillas superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 44. Además, es posible mencionar a las FMH 4, 11, 15, 17 y 19, ya que también fueron algunas de las que mostraron un peso total de semillas superior a la media general. En contraste, la FMH 20 fue la que presentó el menor peso total de semillas, con un valor de 1067 kg/ha.
- **Peso de mil semillas:** la FMH 3 presentó el mayor peso de mil semillas, con un valor de 3,69 g. Mientras que, las FMH 1, 5, 16, 17 y 22 se destacaron por presentar un peso de mil semillas superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 3. Además, es posible mencionar a las FMH 1,4, 6, 10, 11, 15, 18 y 19, ya que también fueron algunas de las que mostraron un peso de mil semillas superior a la media general. En contraste, la FMH 41 fue la que presentó el menor peso de mil semillas, con un valor 1,91 g.

Estimación de parámetros genéticos:

A continuación, se presentan los componentes de la varianza (varianza familiar, varianza del error y varianza fenotípica en base a medias de familias), la heredabilidad en sentido estricto en base a las medias familiares y la ganancia genética para cada variable (Cuadro 8).

Cuadro 8. Varianza familiar (σ^2_f), varianza del error (σ^2_e), varianza fenotípica en base a medias de familias (σ^2_{PFM}), heredabilidad en sentido estricto en base a medias familiares (h^2_{PFM}) y ganancia genética para los caracteres evaluados en las 50 FMH

Variable	σ^2_f	σ^2_e	σ^2_{PFM}	h^2_{PFM}	ΔG absoluta	% ΔG
nmac	30946,10	174433,13	89090,50	0,34	106 mac/m ²	6,0
alt1	2,40	7,96	5,05	0,47	1,0 cm	4,9
alt2	4,57	42,06	18,60	0,24	1,0 cm	1,8
DAF	37,09	9,83	40,40	0,92	-5,1 días	-4,0
peso1	103836,15	368661,73	226723,40	0,46	212 kgMS/ha	6,5
peso2	201476,41	398428,5	334285,90	0,60	323 kgMS/ha	10,0
Ptotal	230866,21	939934,86	544177,80	0,42	318 kgMS/ha	4,9
nesp/m²	24323,09	7925,23	26964,80	0,90	113 espigas/m ²	18,8
Lesp	2,62	9,14	5,70	0,46	1,0 cm	3,8
Eesp	2,46	9,31	5,60	0,44	0,9 espiguillas	3,2
Psem	28117,55	81479,79	55277,50	0,50	115 kg/ha	7,8
p1000	0,16	0,05	0,20	0,90	0,34 g	11,7

Las estimaciones de la heredabilidad en sentido estricto oscilaron entre 0,24 y 0,92 según el carácter analizado. Para las variables peso de mil semillas, días a inicio de floración y número de espigas/m² se observaron altos valores de heredabilidad (superiores a 0,9). Las variables altura de planta primer medición, peso de materia seca primer corte, peso de materia seca segundo corte, peso de materia seca total, largo de espiga, espiguillas por espiga y peso total de semillas presentaron valores de heredabilidad intermedios, los cuales oscilaron entre 0,4 y 0,6. Por último, las variables

número de macollos y altura de planta segunda medición presentaron los valores más bajos de heredabilidad (inferiores a 0,35) (Cuadro 8).

Con respecto a las estimaciones de ganancias genéticas en un ciclo de selección:

- La ganancia genética estimada para número de macollos fue de 106 mac/m². Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, el número de macollos aumentaría en 106 macollos por metro cuadrado, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética tanto para altura de planta primer medición como para altura de planta segunda medición fue de 1 cm. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, la altura de la planta aumentaría en 1 cm, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética si se selecciona por precocidad para días a inicio de floración fue de -5,11 días. Este valor indica que, en caso de seleccionar las 10 FMH con menores valores de media para la variable, habrá una disminución de 5,11 días para alcanzar la floración en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este.
- La ganancia genética para peso de materia seca primer corte fue de 212 kgMS/ha. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, la producción de forraje aumentaría 212 kg por hectárea, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética para peso de materia seca segundo corte fue de 323 kgMS/ha. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, la producción de forraje aumentaría 323 kg por hectárea, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética para peso de materia seca total fue de 318 kgMS/ha. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, la producción de forraje aumentaría 318 kg por hectárea, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética para el número de espigas fue de 112 espigas por metro cuadrado. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, el número de espigas aumentaría en 112 espigas por m², si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética para largo de espiga fue de 1 cm. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, el largo de espiga aumentaría en 1 cm, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética para espiguillas por espiga fue de 0,9 espiguillas. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, se aumentarían los valores de producción en 0,9 espiguillas por espiga, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.
- La ganancia genética para el peso total de semillas fue de 115 kg/ha. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, aumentaría el rendimiento de semillas 115 kg/ha, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.

La ganancia genética para el peso de mil semillas fue de 0,34 g. Esto implica que, en el primer ciclo de selección que se aplique luego de este, aumentaría en ese valor el peso de mil semillas, si se seleccionara a las 10 FMH de comportamiento superior para la variable.

Correlaciones fenotípicas entre caracteres morfo-fisiológicos:

Se observaron algunas correlaciones fenotípicas significativas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Coeficiente de correlación de Pearson y nivel de significancia. Sobre la diagonal se encuentran las probabilidades estadísticas; bajo la diagonal se encuentran los valores de correlación entre variables

	nmac	alt1	alt2	DAF	peso1	peso2	ptotal	nesp /m ²	lesp	eesp	psem	p1000
Nmac		*	ns	*	***	ns	*	***	ns	ns	ns	ns
alt1	0,16		***	Ns	***	ns	*	***	*	*	ns	*
alt2		0,42		***	***	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns
DAF	-0,18		-0,3		***	***	ns	***	***	***	ns	***
peso1	0,37	0,25	0,46	-0,30		ns	***	*	*	ns	ns	**
peso2				0,29			***	***	ns	*	ns	ns
Ptotal	0,18	0,18	0,25		0,70	0,77		ns	ns	ns	ns	ns
nesp/m²	0,24	-0,20		-0,62	0,18	-0,30			***	***	ns	***
Lesp		0,16		0,38	-0,18			-0,40		***	***	***
Eesp		0,18		0,31		0,16		-0,32	0,76		***	**
Psem									0,24	0,31		ns
p1000		0,17		0,30	-0,20			-0,62	0,28	0,21		

Nota: ns (no significativo); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,0001$).

A continuación, se mencionan aquellas que presentaron una correlación significativa:

1. El número de macollos presentó una correlación positiva y significativa con la altura de planta primer medición ($r=0,16$; $p < 0,05$), peso de materia seca primer corte ($r=0,37$; $p < 0,0001$), peso de materia seca total ($r=0,18$; $p < 0,05$) y número de espigas/m² ($r=0,24$; $p < 0,0001$); y una correlación negativa y significativa con días a inicio de floración ($r = -0,18$; $p < 0,05$).
2. La Altura de planta primer medición presentó una correlación positiva y significativa con la altura de planta segunda medición ($r=0,42$; $p < 0,0001$), peso de materia seca primer corte ($r=0,25$; $p < 0,0001$), peso de materia seca total ($r=0,18$; $p < 0,05$), largo de espiga ($r=0,16$; $p < 0,05$), espiguillas por espigas ($r=0,18$; $p < 0,05$) y peso de mil semillas ($r=0,17$; $p < 0,05$); y una correlación negativa con número de espigas/m² ($r = -0,24$; $p < 0,0001$).
3. La Altura de planta segunda medición presentó una correlación positiva y significativa con peso de materia seca primer corte ($r=0,46$; $p < 0,0001$) y peso de materia seca total ($r=0,25$; $p < 0,0001$); y una correlación negativa y significativa con días a inicio de floración ($r = -0,33$; $p < 0,0001$).
4. Los días a inicio de floración presentaron una correlación positiva y significativa con peso de materia seca segundo corte ($r=0,29$; $p < 0,0001$), largo de espiga ($r=0,38$;

- $p < 0,0001$), espiguillas por espiga ($r=0,31$; $p < 0,0001$) y peso de mil semillas ($r=0,3$; $p < 0,0001$); y una correlación negativa y significativa con peso de materia seca primer corte ($r=-0,3$; $p < 0,0001$) y con número de espigas/m² ($r=-0,62$; $p < 0,0001$).
- El peso de materia seca primer corte presentó una correlación positiva y significativa con peso de materia seca total ($r=0,7$; $p < 0,0001$) y número de espigas/m² ($r=0,18$; $p < 0,05$); y una correlación negativa y significativa con largo de espiga ($r=-0,18$; $p < 0,05$) y peso de mil semillas ($r=-0,2$; $p < 0,01$).
 - El peso de materia seca segundo corte presentó una correlación positiva y significativa con peso de materia seca total ($r=0,77$; $p < 0,0001$) y espiguillas por espiga ($r=0,16$; $p < 0,05$); y una correlación negativa y significativa con número de espigas/m² ($r=-0,3$; $p < 0,0001$).
 - El número de espigas/m² presentó una correlación negativa y significativa con largo de espiga ($r=-0,4$; $p < 0,0001$), espiguillas por espiga ($r=-0,32$; $p < 0,0001$) y peso de mil semillas ($r=-0,62$; $p < 0,0001$).
 - El largo de espiga presentó una correlación positiva y significativa con espiguillas por espiga ($r=0,76$; $p < 0,0001$), peso total de semilla ($r=0,24$; $p < 0,0001$) y peso de mil semillas ($r=0,28$; $p < 0,0001$).
 - Las espiguillas por espigas presentaron una correlación positiva y significativa con peso total de semilla ($r=0,31$; $p < 0,0001$) y peso de mil semillas ($r=0,21$; $p < 0,01$).

Análisis multivariado. Componentes Principales

Para el Análisis de Componentes Principales, se consideraron 12 variables cuantitativas: número de macollos, altura de planta primer medición, altura de planta segunda medición, días a floración, peso de materia seca primer corte, peso de materia seca segundo corte, peso de materia seca total, número de espigas, largo de espiga, número de espiguillas por espigas, peso total de semillas y peso de mil semillas.

Si bien las dos componentes principales (CP) explicaron el 53,5 % de la variabilidad que presentaron los datos, la componente principal 1 (CP1) explicó el 33,7 % de variabilidad, mientras que, la componente principal 2 (CP2) explicó el 19,8 % de la variabilidad (Gráfico 5). Con respecto a la CP1, las variables con mayor valor de autovector *i.e.* mayor peso, fueron días a inicio de floración y número de espigas/m² (Cuadro 10). En cambio, las variables peso de materia seca primer corte y peso de materia seca total, fueron las que mayor autovector presentaron para la variabilidad explicada en la CP2 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Autovectores (e) correspondientes a la CP1 (e1) y la CP2 (e2) para las variables analizadas

Variables	e1	e2
Nmac	0,22	0,11
alt1	-0,08	0,35
alt2	0,19	0,36
DAF	-0,42	6,7E-04
peso1	0,24	0,49
peso2	-0,24	0,33
Ptotal	-0,03	0,57

nesp/m2	0,45	-0,07
Lesp	-0,40	0,10
Eesp	-0,37	0,17
Psem	-0,12	-0,10
p1000	-0,33	-0,11

Correlación cofenética: 0,902

Al observar el biplot generado en el ACP (Gráfico 5), se estableció que las FMH 9, 20, 32, 33, 35 y 41 fueron las que más se separaron en el sentido positivo de la CP1 (cuadrante superior e inferior derecho), las mismas, se destacaron por estar asociadas a altos valores de número de espigas/m²; y, además, se visualizó que no fueron buenas productoras de semillas y que presentaron un comportamiento precoz, ya que se ubicaron del lado opuesto a los vectores de dichos caracteres. Esta agrupación observada en el biplot, sumado a la inspección visual realizada a campo, llevo a plantear la sospecha de que se trataba de familias diploides. Por lo tanto, se procedió a realizar nuevamente el ACP excluyendo dichas FMH con el fin de analizar las relaciones entre las variables y las FMH tetraploides (Gráfico 7).

Análisis multivariado. Análisis de conglomerados

El Análisis de Conglomerados de las 50 FMH (Gráfico 6), demostró la existencia de 2 subgrupos al 75% de la distancia planteada (5,47), dentro de los cuales las FMH se agruparon de acuerdo a un comportamiento similar en relación a los caracteres evaluados. Las FMH 9, 20, 32, 33, 35 y 41 formaron un conglomerado, similar al obtenido en el ACP para las 50 FMH (Gráfico 5), complementando los resultados previos, siendo consistente con la sospecha de las FMH diploides.

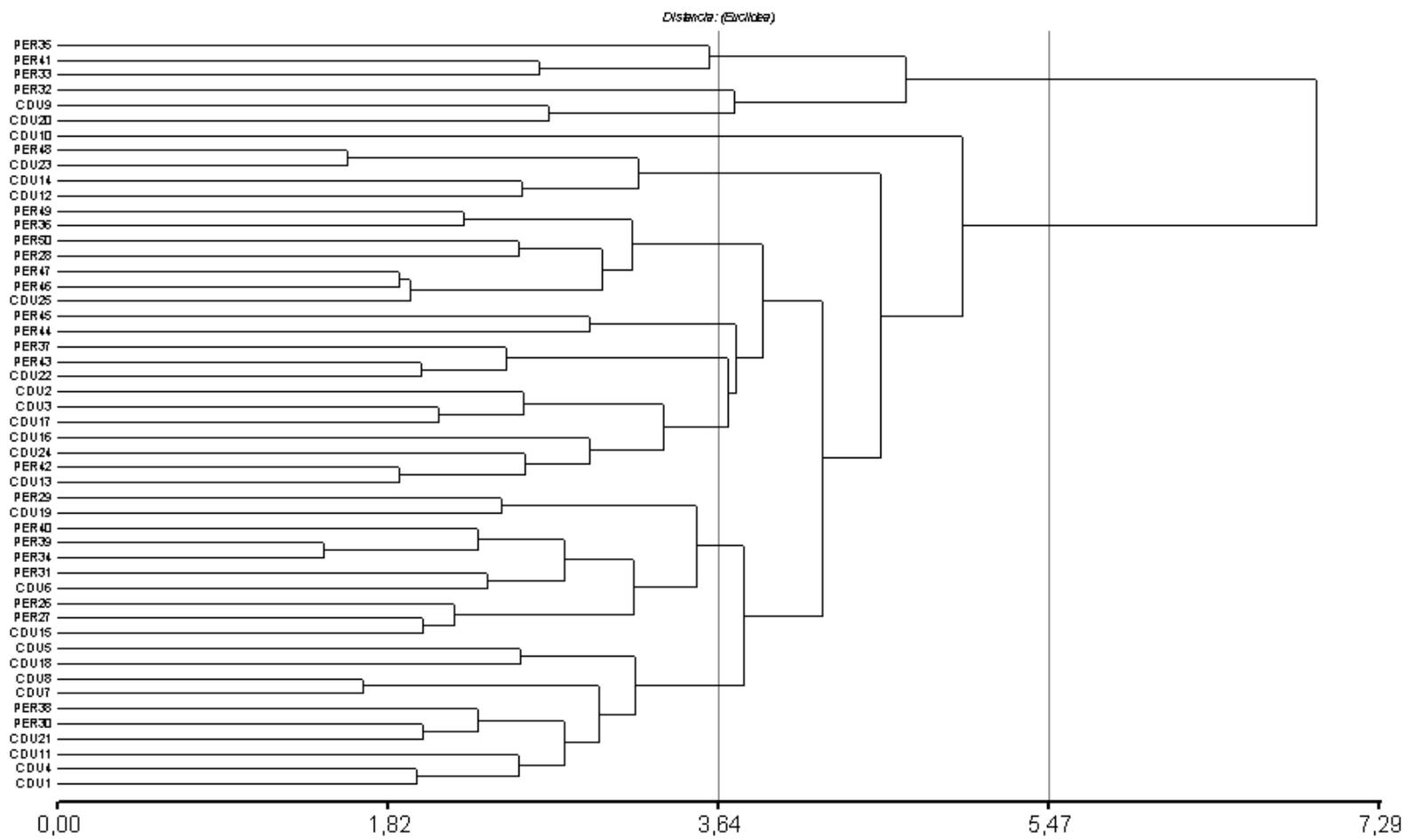


Gráfico 6. Dendrograma del análisis de conglomerados para 50 FMH sobre variables cuantitativa

Análisis multivariado. Componentes Principales para las 44 FMH de raigrás anual tetraploide

En el ACP para las 44 FMH, con las 12 variables que se estudiaron, se observó que las dos primeras componentes explicaron un 44,9 % de la variación morfo-fisiológica total del germoplasma evaluado (Gráfico 7). Si bien las dos componentes principales (CP) explicaron el 44,9 % de la variabilidad que presentaron los datos, la componente principal 1 (CP1) explicó el 24% de variabilidad mientras que, la componente principal 2 (CP2) explicó el 20,9 % de la variabilidad (Gráfico 7). La variable de mayor peso para la CP1 fue el peso de materia seca aérea, mientras que para la CP2 fue la altura de la planta (Cuadro 11).

Cuadro 11. Autovectores (e) correspondientes a la CP1 (e1) y la CP2 (e2) para las variables analizadas

Variables	e1	e2
Nmac	0,04	0,19
alt1	0,24	0,39
alt2	0,21	0,48
DAF	0,17	-0,44
peso1	0,38	0,34
peso2	0,4	-0,34
Ptotal	0,54	-0,06
nesp/m2	-0,24	-0,07
Lesp	0,17	0,02
Eesp	0,25	-5,00E-03
Psem	-0,24	0,06
p1000	-0,25	0,38

Correlación cofenética: 0,773

Al observar los cuadrantes generados en el ACP (Gráfico 7), en el cuadrante superior izquierdo se ubicaron las FMH con menos días a floración. Estas también fueron las que estuvieron más asociadas a los componentes de rendimiento de semillas (p1000 y psem). En este cuadrante se destacaron las FMH 2, 5, 10, 16, 17, 18 y 22. Por el contrario, en el cuadrante inferior derecho se ubicaron las FMH que presentaron mayor número de días a floración y produjeron más forraje, aunque con una menor producción de semillas, las FMH son: 12, 14, 23, 31, 34, 38, 39, 40, 42, 48 y 50. Mientras, que en el cuadrante superior derecho se ubicaron ciertas FMH que se distinguieron por tener una precocidad menor a la media y una producción de forraje y semillas por encima del promedio: FMH 1, 4, 6, 11 y 19.

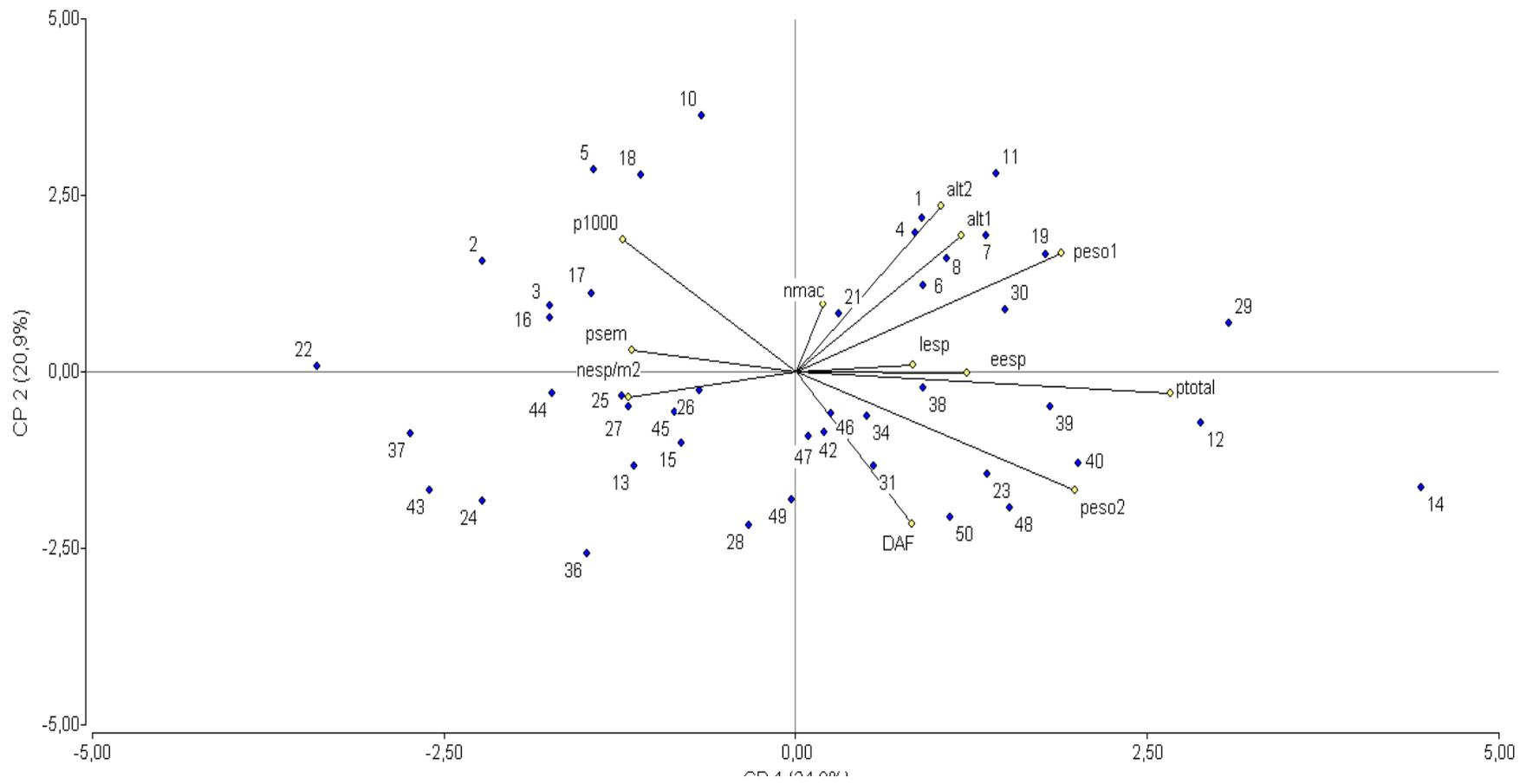


Gráfico 7. Análisis de Componentes Principales (CP1; CP2), para las 12 variables analizadas en las 44 FMH

6.2 DISCUSIÓN

Variabilidad entre FMH

Un programa de mejoramiento genético requiere contar con variabilidad genética en caracteres productivos que permita la selección y generación de nuevos cultivares. Las especies alógamas, entre las cuales se incluye *Lolium multiflorum* Lam., exhiben un alto grado de variabilidad morfo-genética entre poblaciones (Schultze-Kraft, 1990; Tyler *et al.*, 1987). Posiblemente, el modo de reproducción de la especie, sea uno de los determinantes de mayor influencia sobre la estructura genética de las FMH estudiadas en este trabajo (Loveless y Hamrick, 1984), donde la variabilidad sigue siendo elevada, a pesar de que las mismas se han originado de una población con varios ciclos de selección.

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican la presencia de variabilidad genética significativa entre las FMH para la mayoría de los caracteres analizados. Estos hallazgos coinciden con diversos trabajos publicados sobre la especie, tanto para variedades diploides como tetraploides (Acuña, 2009; Alonso, 2004; Andrés *et al.*, 2005; Castro *et al.*, 2003; Giammaría, 2003; Hasnain *et al.*, 2021; Katova, 2019; Mendizábal, 2021; Monteverde y De Battista, 2008; Palacios, 2015; Ré *et al.*, 2009; Regner, 2016).

Considerando los objetivos de este estudio, los resultados con respecto a la selección de FMH son prometedores, ya que se observó variación heredable entre familias, sobre todo en caracteres relacionados con el rendimiento y días a floración (asociado con la precocidad). Estos resultados coinciden con otros estudios, los cuales demostraron la existencia de un componente genético heredable para dichos caracteres, en familias de cultivares tetraploides (Mendizábal, 2021) y diploides (Álvarez, 2010; Regner, 2016).

Variables cualitativas (cobertura y vigor)

La **cobertura** es un carácter de importancia debido a que es un estimador de la eficiencia de implantación (a mayor cobertura, mayor eficiencia). En el presente estudio no se observaron grandes diferencias entre FMH, es decir, la mayor proporción de las familias se implantaron correctamente.

El **vigor** se utiliza para determinar la velocidad de crecimiento de las plántulas (Carámbula, 1977), lo que tendrá incidencia fundamental en la competencia con otras plantas y en la implantación de una pastura, además, está relacionado con la posterior acumulación de materia seca (Acuña, 2009). Rosso y Andrés (2001) han reportado que existe variabilidad genética para este carácter en poblaciones naturalizadas, mientras que, Andrés *et al.* (2000) y Giammaría (2003) han demostrado que existe una importante variabilidad genética entre cultivares comerciales. La mayor proporción de las FMH (42,5%) analizadas en este trabajo, obtuvieron un vigor de bueno a muy bueno.

Variables cuantitativas

Caracteres vegetativos:

El **número de macollos** es de gran importancia debido a que es uno de los principales determinantes del rendimiento de forraje de una pastura (Jewis, 1972; Zarrouh *et al.*, 1983). La abundante cantidad de macollos bien provistos de hojas basales permiten la recuperación luego de los pastoreos, asegurando estabilidad en la entrega de forraje (Amigone *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos en este estudio evidenciaron diferencias significativas entre las FMH para el carácter. Estudios anteriores encontraron resultados similares para la especie, en poblaciones naturalizadas (Castro *et al.*, 2003), variedades diploides (Palacios, 2015; Regner, 2016) y tetraploides (Mendizábal, 2021). El carácter presentó una heredabilidad baja, lo que podría indicar que es un carácter controlado por muchos genes y con alta influencia ambiental (Pahlen, 1979). Estos resultados coinciden con otros estudios, los cuales demostraron valores de heredabilidad de intermedios a bajos, en familias de cultivares tetraploides (Giammaría, 2003; Mendizábal, 2021) y diploides (Palacios, 2015; Regner, 2016).

La **altura de la planta**, es un carácter muy empleado en los descriptores de cultivares de especies gramíneas y puede ser modificada a través del manejo de la pastura, de la fertilización y de la competencia con otras especies (Snaydon, 1978). Investigaciones realizadas en variedades tetraploides demostraron variabilidad moderada a alta para dicho carácter (Katova, 2019). Los resultados obtenidos en este estudio evidenciaron diferencias significativas entre FMH para la altura de planta primer medición, contrariamente, no fue así para altura de planta segunda medición, estos resultados coinciden con lo reportado por Regner (2016), aunque sus hallazgos fueron en variedades diploides. El carácter presentó una heredabilidad de intermedia a baja, por lo tanto, del mismo modo que para el número de macollos, esto podría indicar que es un carácter con control poligénico y con alta influencia ambiental (Pahlen, 1979). Otros autores obtuvieron valores entre 0,12 y 0,85 para el grado de determinación genética en cultivares diploides (Acuña, 2009; Monteverde, 2009; Palacios, 2015), mientras que Mendizábal (2021) obtuvo un valor de 0,37 para cultivares tetraploides.

La **producción de materia seca** es la variable de mayor importancia en los programas de mejoramiento de especies forrajeras (Acuña, 2009). Rashal y Kholms (1983) sostienen que el rendimiento de materia seca es el principal índice de productividad en raigrás anual. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para peso de materia seca primer corte, peso de materia seca segundo corte y peso de materia seca total. Otros autores también reportaron la existencia de variabilidad genética para dicho carácter, tanto en variedades diploides (Acuña, 2009; Amigone *et al.*, 2010; Mignacco, 2019; Regner, 2016) como tetraploides (Amigone *et al.*, 2010; Giammaría, 2003; Mendizábal, 2021). En cuanto a la heredabilidad, los valores obtenidos fueron intermedios, a diferencia de Mendizábal (2021) quien reportó una heredabilidad menor (0,29) para cultivares tetraploides evaluados en la localidad de Concepción del Uruguay.

Caracteres reproductivos:

Los **días a inicio de floración** están determinados por varios factores, entre ellos, el fotoperíodo, las precipitaciones y las temperaturas (Ernst, 1987; Rhebergenm, 1985). En los

programas de mejoramiento de raigrás, es habitual el desarrollo de materiales con distintas fechas de floración. Es un carácter muy importante, debido a que la fecha de floración está relacionada con la precocidad (Mendizábal, 2021). Los genotipos más tardíos tienden a presentar una menor producción de semilla (Studer *et al.*, 2008), pero podrían mantener un alto valor nutritivo durante un mayor período de tiempo, un alto valor de digestibilidad y palatabilidad de forraje (McLean y Watson, 1992). Mientras que, genotipos más tempranos, son capaces de cubrir baches invernales, época en la que hay escasez de alimento para el ganado, y, además, tendrían utilidad como cultivo de cobertura en rotaciones agrícolas (Palacios, 2015). Los resultados obtenidos demostraron variabilidad significativa entre FMH, indicando la posibilidad de seleccionar genotipos con fechas de floración contrastantes. Otros autores también reportaron la existencia de variabilidad genética para dicho carácter (Castro *et al.*, 2003; De Battista, 2008; De Battista *et al.*, 2000; Mendizábal, 2021; Palacios, 2015; Regner, 2016; Rosso y Andrés, 2001). Además, el carácter presentó una alta heredabilidad, lo que indicaría que no tiene gran influencia del ambiente y probablemente, esté controlado por pocos genes (Pahlen, 1979). Contrariamente, Mendizábal (2021) reportó valores menores de heredabilidad para cultivares tetraploides (0,58 y 0,46). De todos modos, los resultados obtenidos coinciden con lo hallado por Álvarez (2010), quien encontró valores superiores para grupos de floración temprana y tardía (0,78 y 0,87 respectivamente) y otros autores obtuvieron valores entre 0,9 y 0,95 (Acuña, 2009; Monteverde, 2009), a pesar de que estos hallazgos corresponden a variedades diploides.

El **número de espigas**, en la mayoría de las especies forrajeras, es uno de los componentes más importantes del rendimiento de semilla (Barufaldi, 1999; Beltramino *et al.*, 2005; Ceroni, 1993; Guillén, 2002). Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. Contrariamente, Mendizábal (2021), reportó ausencia de diferencias significativas entre FMH de raigrás anual tetraploide evaluadas en Concepción del Uruguay. La heredabilidad encontrada para este carácter fue alta. Este resultado concuerda con lo expresado por Mendizábal (2021), quien obtuvo un alto valor heredabilidad en FMH de raigrás anual tetraploide evaluadas en la localidad de Pergamino, aunque la misma autora obtuvo una baja heredabilidad para el carácter (0,29) en FMH evaluadas en Concepción del Uruguay. Por otro lado, Giammaría (2003) reportó heredabilidad intermedia a baja en cultivares de raigrás anual tetraploide. Además, en variedades diploides, otros autores reportaron valores de heredabilidad intermedios (Bertín, 2004; Regner, 2016) y altos para el carácter (Acuña, 2009; Álvarez, 2010; Palacios, 2015).

El **largo de espiga** es una variable muy dependiente del origen del germoplasma (Andrés *et al.*, 1998; Ruíz Díaz y Andrés, 1998). Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. En este caso, la media general para el carácter fue de 26,42 cm, resultado similar a lo publicado por Giammaría (2003) y Mendizábal (2021), quienes evaluaron cultivares tetraploides. Otros estudios de comportamiento de cultivares de raigrás anual diploide, detectaron un largo de espiga menor (Acuña, 2009; Álvarez, 2010) y esto se debe directamente al nivel de ploidía del germoplasma analizado. La heredabilidad encontrada para el carácter fue intermedia. En contraste, Mendizábal (2021) reportó una heredabilidad mayor (0,69) para cultivares tetraploides evaluados en la localidad de Concepción del Uruguay. Además, los resultados coinciden con lo expresado por Acuña (2009) y Álvarez (2010), quienes obtuvieron heredabilidades medias en cultivares diploides.

El **número de espiguillas por espiga** resulta ser uno de los caracteres que más diferencian poblaciones de *Lolium multiflorum* (Casañas *et al.*, 1980). Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. Otros autores también reportaron la existencia de variabilidad genética para dicho carácter, tanto en variedades diploides (Palacios, 2015) como tetraploides (Mendizábal, 2021). La heredabilidad encontrada para el carácter fue intermedia. Contrariamente, Mendizábal (2021) obtuvo valores más altos de heredabilidad para cultivares tetraploides y Palacios (2015) reportó valores más bajos para cultivares diploides.

El **peso total de semillas** es crucial en programas de mejoramiento ya que se asocia directamente a la producción de semillas (Acuña, 2009). Además, es un carácter altamente dependiente del ambiente (Bertín, 2004; Bugge, 1984; Elgersma *et al.*, 1989). Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter, coincidiendo con lo reportado por otros autores, tanto para variedades tetraploides (Giammaría, 2003) como diploides (Acuña, 2009; Álvarez, 2010; Regner, 2016). Contrariamente, Mendizábal (2021) no detectó variabilidad significativa en FMH tetraploides. La heredabilidad encontrada para el carácter fue intermedia, coincidiendo con lo reportado por otros autores para variedades diploides (Acuña, 2009; Álvarez, 2010). Sin embargo, el valor de heredabilidad resultó alto en comparación con los valores encontrados por Mendizábal (2021) para variedades tetraploides.

Otro carácter de importancia en el rendimiento de semillas es el **peso de mil semillas**. En general, los cultivares de raigrás anual tetraploides logran mejor peso de mil semillas que los diploides, que escasamente superan los 2 gramos (Acuña, 2009). Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. Otros autores también encontraron variabilidad para este carácter (Acuña, 2009; Bertín, 2004; Mendizábal, 2021; Palacios, 2015; Regner, 2016). La heredabilidad encontrada para el carácter fue alta, similar a lo encontrado por otros autores para cultivares de raigrás anual diploides (Acuña, 2009; Álvarez, 2010; Palacios, 2015; Regner, 2016) y tetraploides (Giammaría, 2003). Contrariamente, Mendizábal (2021) encontró valores bajos de heredabilidad para el carácter en cultivares tetraploides.

Correlaciones fenotípicas entre caracteres morfo-fisiológicos:

La determinación del grado de asociación entre caracteres y conocer cómo se correlacionan los mismos es imprescindible ya que, los programas de mejoramiento genético abarcan de forma simultánea varios caracteres (Lande y Price, 1989). Dicha asociación puede explicarse tanto por efectos genéticos como por efectos ambientales o por ambos (Mariotti, 1986). En este estudio se tuvieron en cuenta aquellas correlaciones fenotípicas significativas (valor $p < 0,05$) y las más importantes para un programa de mejoramiento genético.

Entre las asociaciones de mayor importancia desde el punto de vista del mejoramiento genético del rendimiento de forraje se destacan las correlaciones fenotípicas entre los diferentes cortes de materia seca con el peso de materia seca total, por lo que sería posible realizar una selección indirecta de rendimiento de materia seca a través de la selección de materia seca producida en etapas tempranas de evaluación (Rashal y Kholms, 1983). Además, se destacan asociaciones positivas y significativas entre el peso de materia seca

primer corte y peso de materia seca total con altura de planta y el número de macollos. Esta última correlación fue también observada por Giammaría (2003) y Regner (2016). Estas correlaciones son de importancia debido a que la altura de planta es un indicador indirecto de la cantidad de materia seca producida (Acuña, 2009) y el número de macollos puede ser utilizado para la selección indirecta del peso de materia seca (Rashal y Kholms, 1983). Por lo tanto, la producción de forraje termina siendo un carácter muy importante, pero suele presentar baja heredabilidad (por ser poligenético y tener alta influencia ambiental), entonces, tener caracteres asociados (altura de planta y número de macollos), permite mejorarlo indirectamente más eficientemente.

Desde el punto de vista del mejoramiento genético del rendimiento de semilla se destacan otras asociaciones importantes, entre ellas, es posible mencionar el peso total de semillas, que estuvo correlacionado significativamente con el largo de espiga y con espiguillas por espigas. La asociación entre el peso total de semillas y el largo de espiga también ha sido reportada por otros autores, los cuales han manifestado que el largo de espiga es una medida indirecta de la producción de semillas (Andrés *et al.*, 1998; Ruíz Díaz y Andrés, 1998). Otra asociación interesante, es la correlación entre peso de mil semillas con el número de espigas, con el largo de espigas y con espiguillas por espiga.

Varios estudios indican que existe una elevada correlación entre el número de espigas y el peso total de semillas en diversas especies forrajeras templadas (Acuña, 2009; Barufaldi, 1999; Ceron, 1993; Guillén, 2002; Palacios, 2015; Regner, 2016). En contraste, en el presente estudio no se detectó una asociación significativa entre dichos caracteres.

Análisis multivariados para los caracteres morfo-fisiológicos evaluados:

Los Análisis de Componentes Principales permitieron explicar gran parte de la variabilidad de los datos con las dos primeras Componentes, sin embargo, Mendizábal (2021), encontró valores superiores (por encima del 60 % de la variación), razón por la cual puede deberse a que en su estudio evaluó el ciclo de selección previa al presente trabajo.

En el Análisis de Conglomerados se pudo discriminar, al 75% de la distancia planteada, dos grupos de FMH que coinciden con los formados en el ACP para las 50 FMH. En ambos casos, se visualizó el agrupamiento de ciertas FMH en base a similitudes en su comportamiento. Dichos resultados, concuerdan con lo reportado por Mendizábal (2021), quien demostró la existencia de 2 conglomerados (al 75% de la distancia) en FMH de raigrás anual tetraploide, en donde también los genotipos se asociaron de acuerdo a un comportamiento similar en relación a las variables estudiadas

6.3 CONCLUSIONES

- ✓ La caracterización agronómica de las 50 FMH, realizada a campo y en condición de stand denso, permitió detectar variabilidad genética entre FMH para la mayoría de los caracteres morfo-fisiológicos evaluados.
- ✓ Los valores de heredabilidad en sentido estricto obtenidos para la mayoría de los caracteres, demuestran la existencia de un componente genético heredable que permitiría seguir realizando selección de esos caracteres en el germoplasma evaluado.
- ✓ Se detectaron correlaciones fenotípicas elevadas con significancia estadística.
- ✓ Los cálculos de ganancia genética estiman aumentos tanto para los caracteres de rendimiento de forraje como para los de rendimiento de semilla, mientras que muestran que sería posible una disminución de los días para alcanzar la floración, con el objetivo de obtener mayor precocidad en el material selecto.
- ✓ Como el objetivo del presente trabajo fue la obtención de FMH con ciclo precoz y altos valores en producción de forraje y de semilla, es posible detectar diez FMH de comportamiento superior. Las FMH 1, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 17, 18 y 19 serían las selectas y podrían ser policruzadas para generar una sintética destacada para estos caracteres. Además, este comportamiento quedó evidenciado en el Análisis de Componentes Principales para las 44 FMH.
- ✓ La inspección visual en el campo sumada a los resultados obtenidos en este estudio (principalmente los resultados de los análisis multivariados), llevó a descartar las FMH 9, 20, 32, 33, 35 y 41, ya que se cree que se trata de familias diploides. De todos modos, para confirmarlo, se requiere llevar a cabo un análisis de ploidía en dichas FMH.

7. EXPERIMENTO 2 (PLANTA AISLADA)

7.1 RESULTADOS

7.1.1 Variables Cualitativas

Hábito de crecimiento: Se observa en el Gráfico 8 que el mayor porcentaje de FMH presentó un hábito de crecimiento semirastrero (53,5 %), seguido de un hábito de crecimiento erecto (32,5 %) y en menor medida rastrero (15 %).

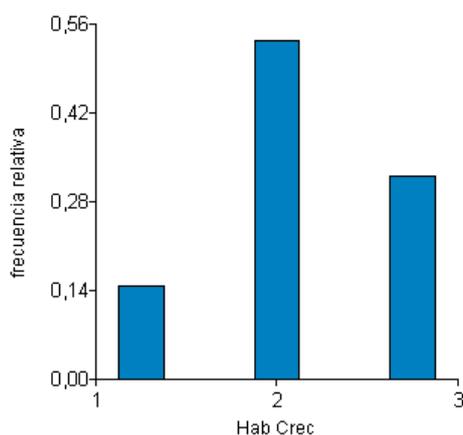


Gráfico 8. Frecuencias de las distintas clases para el carácter hábito de crecimiento (1: rastrero; 2: semirastrero; 3: erecto) en las 50 FMH evaluadas

7.1.2 Variables cuantitativas

En el presente estudio, se dividió a las variables cuantitativas en caracteres vegetativos y reproductivos para facilitar el análisis. A su vez, debido a que las variables vegetativas evaluadas fueron numerosas (11 evaluaciones para número de macollos y 12 para altura de planta), se decidió, separarlas en período invierno y período primavera. El período invierno corresponde a las evaluaciones de número de macollos y altura de planta realizadas desde agosto al 20 de septiembre (Nmac1 a Nmac5; TNmInv; Alt1 a Alt5 y TAltInv), mientras que, el período de primavera corresponde a las evaluaciones realizadas desde el 21 de septiembre hasta noviembre (Nmac6 a Nmac11; TNmPmv; Alt6 a Alt12 y TAltPmv).

Caracteres vegetativos:

- **Período Invierno:**

En el Cuadro 12 se presenta el comportamiento promedio del análisis de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide: media, desvío estándar, coeficiente de variación, máximo, mínimo y significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH), para todos los caracteres vegetativos evaluados durante el invierno (agosto-septiembre). Se observó que,

para la variable número de macollos, existieron diferencias significativas entre FMH para las tres primeras evaluaciones (Nmac1, Nmac2, Nmac3), mientras que, no existieron diferencias significativas para la cuarta y quinta evaluación (Nmac4 y Nmac5) y tampoco para la tasa de macollaje ($p > 0,05$). Por otro lado, se observaron diferencias significativas entre FMH para todas las mediciones de alturas y para la tasa de crecimiento de altura ($p \leq 0,05$).

Cuadro 12. Comportamiento promedio de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide en caracteres vegetativos evaluados durante el invierno. Media, desvío estándar, máximo, mínimo, coeficiente de variación, nivel de significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH).

PERÍODO INVIERNO						
	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Valor p
nmac1	3,8	1,61	42,73	1	12,83	0,0022
nmac2	5,6	2,71	48,60	1	19,75	0,0081
nmac3	7,6	3,32	43,83	2	20,75	0,0037
nmac4	12,2	5,27	43,44	3,75	30,50	0,0682
nmac5	18,6	8,52	45,93	5,67	57,67	0,4295
Tnmlnv	0,35	0,19	53,64	0	1,18	0,6418
alt1 (cm)	12,0	1,93	16,14	6,47	18,83	0,0439
alt2 (cm)	14,4	2,23	15,50	6,70	19,88	0,0020
alt3 (cm)	15,2	2,29	15,12	7,15	20,90	<0,0001
alt4 (cm)	16,4	2,39	14,61	11	22,10	<0,0001
alt5 (cm)	17,6	2,66	15,11	12,1	24,45	<0,0001
Taltlnv	0,13	0,06	45,77	0	0,36	0,0385

En el Cuadro 13 se observan las medias aritméticas de las 50 FMH para todas las variables vegetativas evaluadas durante el invierno.

Cuadro 13. Medias aritméticas de los caracteres vegetativos evaluados en invierno para las 50 FMH de *Lolium multiflorum* y similitudes o diferencias entre las FMH a través de test LSD Fisher

FMH	nmac1	nmac2	nmac3	nmac4	nmac 5	TNm Inv	alt1 (cm)	alt2 (cm)	alt3 (cm)	alt4 (cm)	alt5 (cm)	TAlt Inv
1	3,9	8,4	9,7	14,1 *	29,7 *	0,59 *	13,2 *	15	16,4 *	17,8 *	20,2 *	0,17 *
2	5,4 *	8,7 *	10,8	15,3 *	24,5 *	0,45 *	15 *	17,4 *	18,4	19 *	20,8 *	0,14
3	3,2	4,9	6,3	8,2	13,5	0,24	13 *	14,9	15,1	15,3	16,1	0,07
4	3,8	6,2	8	13,2 *	18,8 *	0,37 *	11,4	14,7	14,2	14,1	15,1	0,08
5	3,6	5,2	8,7	13,4 *	18,3 *	0,37 *	11,8	14,9	16,8 *	18 *	18,5	0,17 *
6	3,6	6,2	8	11	21,8 *	0,42 *	15 *	15,7 *	16,6 *	18,7 *	19,1	0,11
7	3,9	8,4	11,5 *	17,4 *	24,1 *	0,49 *	13,2 *	16,1 *	16,3 *	16,6	17,8	0,1
8	2,4	3,7	5,1	8,9	14,9	0,3	12	14,3	13	14,5	14,9	0,06
9	2,8	3,9	5,9	9,4	12,2	0,24	9,8	15,4	15,9 *	17,8 *	19,7	0,23
10	2,1	2,9	4,1	6,3	10,1	0,19	11,1	14,7	16,1 *	16,6	17	0,14
11	2,9	4	5,5	8,8	15,3	0,3	11,7	15,1	16,1 *	17,9 *	18,6	0,17 *
12	4,2	7,2	9,2	13,8 *	20,9 *	0,4 *	11,7	13,7	14,4	14,6	15,7	0,09
13	2,9	4,6	6,4	11,1	17,8	0,36 *	11,4	14,1	15,1	15,9	16,8	0,13
14	2,6	3,5	4,8	8	11,5	0,22	10,9	12,7	12,8	13,9	14,5	0,09
15	2,1	3,3	3,8	7,7	11,3	0,2	9,5	11,6	12,4	14,1	16,3	0,14
16	3,4	4,8	6,5	12,2 *	16	0,32	11	13,4	13,1	14,5	15,6	0,11
17	3,2	3,9	4,5	7,9	15	0,28	12,1	13,2	14,1	15	17,3	0,12
18	4,7	7,1	9,2	14,6 *	22,8 *	0,44 *	15,3	18,6	18,3 *	20,5	22,9	0,18 *
19	2,2	3,1	5,7	12,2 *	22,5 *	0,32	12,5 *	15	17,5 *	20,5 *	22,5 *	0,16 *
20	7,3	8,9 *	10,7	18,4 *	23,9 *	0,42 *	13,4 *	16,1 *	17,2 *	17,3	19	0,13
21	3,4	5,9	8,1	13,2 *	22,8 *	0,46 *	13,8 *	16,5 *	16,6 *	17,9 *	18,9	0,12
22	4,5	5,9	8,8	12,6 *	16,2	0,3	11	13,6	14,1	14,6	15,7	0,11
23	4,7	5,9	8,1	13,3 *	19,9 *	0,37 *	12,1	15,1	15,1	15,4	17,9	0,13
24	3,2	4	6	11,8	15,2	0,31	12,5 *	13,1	14	14,6	16	0,08
25	3,2	4,4	6,1	9,9	14,3	0,28	12	12,9	14,1	15,6	17	0,13
26	3,4	5	6,5	8,3	16,8	0,31	12,8 *	16,1 *	16,9 *	18,8 *	20,1 *	0,18 *
27	3,1	5,6	7,8	10,5	16,1	0,31	13,1 *	16,5 *	17,8 *	19 *	20,4 *	0,17 *
28	4,6	4,8	6,6	9,4	14,1	0,23	12,8 *	16,3 *	17,2 *	18 *	19,4	0,15 *
29	4,2	5,5	6,7	11	15,2	0,27	12,7 *	14,7	15,5 *	15,9	16	0,08
30	6,4 *	12,6	15,6	20,1	27 *	0,49 *	12,7 *	13,8	14,3	14,5	16,4	0,08
31	3,2	4,9	6,9	10,8	17,6	0,35 *	11,8	15	15,7 *	16,4	18,1	0,15
32	4,3	5,9	8,3	13,9 *	21,6 *	0,42 *	12,1	13,1	14,2	15	15,8	0,09
33	5	7,5	10,1	16 *	23,3 *	0,45 *	11,8	14	14,5	15,4	16,1	0,1
34	5,1	7,3	10,3	18 *	26,4 *	0,53 *	12,2	14	14,9	14,8	16,4	0,1
35	4	6,1	9,8	16,5 *	23,2 *	0,48 *	10,5	12	12,9	14,5	15,9	0,13

36	4,2	4,9	5,7	8,7	12	0,19	11,6	14,5	15,8 *	17	18,4	0,16 *
37	3,3	4,5	5,6	9,5	14,1	0,27	11,3	15,2	16,5 *	17,3	18,3	0,17 *
38	2,4	3,3	4,9	7,7	12,9	0,25	11,4	13,9	16,3 *	17,1	18,6	0,18 *
39	5,5 *	8,7 *	11,5 *	18,4 *	32,2	0,63	12,2	13,1	14	15	18,1	0,14
40	4,1	5,9	8,8	14,5 *	20,1 *	0,4 *	12,6 *	15,7 *	16,9 *	17,7 *	17,8	0,13
41	2,8	4,4	6	10,8	18,7 *	0,38 *	9,3	11,6	11,9	13,5	14,4	0,12
42	2,6	3,5	4,9	11,9	19,9 *	0,42 *	11,2	15,3	16,1 *	17	18,3	0,17 *
43	2,2	3,6	5,2	9,1	18,2 *	0,32	10,7	13,5	13,9	16,8	17,8	0,13
44	3,2	6,2	7,9	19,6 *	23,3 *	0,35 *	11,5	12,6	12,7	19,1 *	20,9 *	0,13
45	3,6	5,1	6,7	9,7	15,1	0,28	10,3	11,5	12,8	14,3	14,5	0,11
46	3,8	6,3	10,4	17,1 *	22,5 *	0,47 *	11,7	14,9	16,1 *	18,2 *	19,4	0,19 *
47	4,2	5,6	7,9	11	17,3	0,32	12,5 *	15,5 *	16,9 *	18,1 *	19	0,16 *
48	4,1	4,7	7,4	11,3	19,5 *	0,37 *	11,6	15,5 *	16,6 *	18,6 *	19,2	0,19 *
49	5,2 *	6,3	7,4	9,7	12,1	0,17	10,8	12,2	12,9	13,4	14,4	0,09
50	4,3	5,4	7,3	11,8	15,2	0,28	10,8	11,8	11,9	12,9	14,3	0,08
MG	3,8	5,6	7,6	12,2	18,6	0,35	12	14,4	15,2	16,4	17,6	0,13
DMS	2,18	3,91	4,71	8,1	13,93	0,31	2,89	3,1	2,99	2,89	3,25	0,08

Nota: MG (media general); DMS (diferencia mínima significativa $\alpha=0,05$). La celda color verde indica la FMH con mayor media para la variable y la celda color rojo indica la FMH con menor media para la variable. El * indica aquellas FMH que no son significativamente diferentes de la FMH con mayor media.

Según lo observado en el Cuadro 13:

- **Número de macollos:** la FMH 30 presentó el mayor número de macollos por planta para la mayoría de las evaluaciones realizadas durante el invierno. Mientras que, en términos generales, las FMH 1, 4, 5, 18, 19, 39, 40, 42, 44, 46 y 48 se destacaron por presentar un número de macollos superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH de mayor media en varias de las evaluaciones. En contraste, la FMH 10 fue la que presentó menor número de macollos en la mayoría de las evaluaciones, a excepción de la evaluación de macollos número 3, donde la FMH 15 presentó el menor valor de macollos.
- **Tasa de macollaje invierno:** a pesar de que no existieron diferencias significativas entre FMH, la FMH 39 presentó la mayor tasa de macollaje, con un valor de 0,63. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 7, 18, 30, 34, 40, 42, 46 y 48 se destacaron por presentar una tasa de macollaje superior a la media general. En contraste, la FMH 49 fue la que presentó menor tasa de macollaje, con un valor de 0,17.
- **Altura de planta:** la FMH 18 presentó la mayor altura de planta para la mayoría de las evaluaciones realizadas durante el invierno, a excepción de altura de planta tercer medición, donde la FMH 2 fue la que presentó mayor altura. En términos generales, las FMH 1, 5, 18, 19, 39, 40, 42, 44, 46 y 48 se destacaron por presentar una altura de planta superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH de mayor media en varias de las evaluaciones. En contraste, la FMH 41 presentó la menor altura de planta en

la primera y tercera medición, mientras que, para segunda medición fue la 45 y para la cuarta y quinta medición fue la 50.

- **Tasa altura de planta Invierno:** la FMH 9 presentó la mayor tasa de crecimiento, con un valor de 0,23. Mientras que, las FMH 1, 5, 18, 19, 26, 38, 42, 46 y 48 se destacaron por presentar una tasa de crecimiento superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 9. En contraste, la FMH 8 fue la que presentó menor tasa de crecimiento, con un valor de 0,06.

- **Período Primavera:**

En el Cuadro 14 se presenta el comportamiento promedio del análisis de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide: media, desvío estándar, coeficiente de variación, máximo, mínimo y significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH), para todos los caracteres vegetativos evaluados durante la primavera (septiembre-octubre-noviembre). Se observó que, no existieron diferencias significativas entre FMH para las evaluaciones de número de macollos y tampoco para la tasa de macollaje ($p > 0,05$). Por otro lado, se observó que existieron diferencias significativas entre FMH para las mediciones de altura y para la tasa de crecimiento de altura, a excepción de altura de planta undécima medición (Alt11) ($p \leq 0,05$).

Cuadro 14. Comportamiento promedio de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide en caracteres vegetativos evaluados durante la primavera. Media, desvío estándar, máximo, mínimo, coeficiente de variación, nivel de significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH)

PERÍODO PRIMAVERA						
	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Valor p
nmac6	23,7	9,87	41,61	6,67	67,67	0,2361
nmac7	28,1	11,46	40,78	7,33	88	0,2941
nmac8	32,2	13,16	40,80	9	94,33	0,3175
nmac9	35,3	14,77	41,73	10	100	0,4189
nmac10	37,3	15,55	41,70	10,67	101	0,4393
nmac11	38,0	15,91	41,81	11	101,70	0,3971
TNmPmv	0,36	0,23	62,98	0	1,09	0,8835
alt6 (cm)	19,5	3,26	16,81	11,50	29,35	<0,0001
alt7 (cm)	22,1	3,86	17,52	13	31,80	0,0002
alt8(cm)	25,6	4,66	18,24	15	38,63	0,0053
alt9 (cm)	27,6	5,07	18,46	13,67	40,83	0,0076
alt10 (cm)	29,6	5,56	18,87	16,80	43,88	0,0379
alt11 (cm)	37,4	7,11	19,06	21,75	58,33	0,2013
alt12 (cm)	52,2	6,93	13,29	34	67,50	0,0175
TaltPmv	0,54	0,10	19,08	0,25	0,73	0,0267

En el Cuadro 15 se observan las medias aritméticas de las 50 FMH para todas las variables vegetativas evaluadas durante la primavera.

Cuadro 15. Medias aritméticas de los caracteres vegetativos evaluados en primavera para las 50 FMH de *Lolium multiflorum* y similitudes o diferencias entre las FMH a través de test LSD Fisher

FMH	nmac6	nmac7	nmac8	nmac9	nmac10	nmac11	TNm Pmv	alt6 (cm)	alt7 (cm)	alt8 (cm)	alt9 (cm)	alt10 (cm)	alt11 (cm)	alt12 (cm)	TA Pmv
1	25,3 *	30	33,1	36,9	38,1 *	39,6 *	0,35 *	23,3 *	27,2 *	32,4 *	36,8	39,2 *	51,8	60,8 *	0,64 *
2	31,3 *	34,4 *	37 *	38,6 *	42 *	45,5 *	0,35 *	23,8 *	26,4 *	29,9 *	31,5 *	33,5 *	46,1 *	57,8 *	0,58 *
3	18,9	20,3	21,1	22,5	23,8	25,1	0,16	17,3	18,7	21,2	23,3	23,3	30,6	43,9	0,44
4	24,8 *	33,6 *	39,7 *	46,5 *	47,4 *	47,8 *	0,57 *	17,8	20,4	24,4	27,6	29,7	40,2 *	56,2 *	0,64 *
5	27,3 *	33,3 *	37 *	42,2 *	45,1 *	46,6 *	0,49 *	19,5	21,8	26,3	28,8	31,1	38,1	57,2 *	0,61 *
6	30,9 *	34,4 *	37,5 *	39,4 *	39,7 *	41,6 *	0,25 *	21,4	23,4	28,4 *	30,1 *	33,8 *	41,5 *	53,3 *	0,54 *
7	30,4 *	35,3 *	41,3 *	46,1 *	47,9 *	48 *	0,46 *	20,2	24	27,4	29,9 *	31,9 *	40,3 *	61,1 *	0,66 *
8	18,9	26,3	28	33,1	36 *	38,2 *	0,4 *	16,2	19,5	22,5	25	27,4	35,8	49,7	0,54 *
9	14,9	20,2	22,5	23,1	25,1	25,4	0,22 *	19,9	23,7	29,8 *	31,4 *	31,8 *	41 *	43,3	0,39
10	12,5	19,3	21,8	22,4	22,6	23,9	0,24 *	18,3	22,7	24,8	26,6	28,9	39,3	45,7	0,46
11	19,4	23,6	28,3	35	37,3 *	40,8 *	0,56 *	21,1	23,4	27,5	30 *	31,6 *	39,6 *	54,5 *	0,55 *
12	23,8	36,5 *	40,3 *	45,1 *	46 *	47,1 *	0,39 *	15,9	19,6	23,2	25,6	27,6	34,6	46,3	0,48
13	24,9 *	27,2	28,7	31,2	33	33,2	0,22	18,5	20,5	23,6	25,3	26,6	30,8	47,5	0,46
14	18,5	23,7	26,5	29,5	29,5	32,3	0,32 *	16,2	19,5	23,2	28,5	32,4 *	39,4	56,1 *	0,67 *
15	17,1	25,2	31,2	32,7	35 *	36,4 *	0,45 *	17,9	22,8	28,4 *	32,4 *	33,8 *	39,5 *	54,2 *	0,58 *
16	21,4	29,1	32,4	34,5	36,4 *	37,5 *	0,37 *	17,2	18,9	23,4	24,4	25,5	31,9	46	0,47
17	19,4	24,8	27,2	27,8	29,2	29,7	0,23 *	18,4	20,9	26,2	29,1	31,6 *	36,7	49,8	0,52 *
18	30,6 *	34,2 *	37,4 *	41 *	42,6 *	43,1 *	0,32 *	26,4 *	30,7	35,5	36,6 *	39,9	46,2 *	58,1 *	0,51 *
19	28,4 *	29	33,3	34	35,4 *	35,7	0,19	26,5	29,3 *	32,5 *	34,5 *	37 *	46,3 *	59,9 *	0,56 *
20	31,7 *	41,3 *	44,6 *	48 *	50,7 *	50,7 *	0,45 *	22 *	26,2 *	31,4 *	35 *	33,6 *	38,3	46,7	0,38
21	29,6 *	36,7 *	48,2 *	50,6 *	51,4 *	51,8 *	0,55 *	21,4	22,5	25,2	26	29,1	36	56,2 *	0,57 *
22	18,9	22,6	26,1	27,3	28	28,2	0,23 *	16,6	19	21,9	24,3	26,6	35,7	46,4	0,51

23	24,4	26,2	29,6	31,3	33,5	33,9	0,25 *	19,6	21,1	25,9	25,2	26,6	37,1	51,5 *	0,53 *
24	20,7	22,9	25,5	27,5	28,8	26,5	0,17	17,4	18,2	20,7	22,8	24,7	32	48,6	0,52 *
25	18,3	22,7	29,7	30,7	33	33,2	0,37 *	18,4	19,8	21,6	23,3	25,2	31,3	47,8	0,48
26	18,1	19,9	26,6	28,2	29,4	30,5	0,32 *	21,5	23	25,5	27,1	29,1	38,5	53,1 *	0,53 *
27	19,1	22,1	26,4	29,2	31,4	32,1	0,34 *	22,2 *	24,3	26,4	28	30,2	35,4	51,7 *	0,48
28	17,6	21,4	25,1	27,3	29,5	30	0,31 *	20,2	22	24,2	25,4	25,7	32,6	45,2	0,41
29	20,6	22,8	26,1	27,9	29,6	30	0,25 *	18,1	20,6	23,8	24,9	25,9	33,4	52 *	0,54 *
30	35,4 *	41,6 *	46,5 *	52,1 *	55,1 *	56,6 *	0,54 *	18,6	22,9	26,5	27,8	30,1	37,1	52,3 *	0,54 *
31	23,9	26,6	30,9	34	35,5 *	35,8	0,31 *	20,4	23,6	27,5	29,2	31,1	40,3 *	48,7	0,47
32	6 *	28,7	30,8	32,4	34,2	34,6	0,22	17	19,4	22	23,6	25,6	31,7	48,2	0,5
33	26,9 *	31,9 *	34,9	40,4 *	44,7 *	45,4 *	0,49 *	18	21,5	24,9	26,9	30,4	40,2 *	50,9	0,56 *
34	35,1 *	41,3 *	49,7 *	54,2 *	58,1 *	60,6 *	0,65	18,8	23,1	28	29,5 *	31,6 *	38,3	58,1 *	0,62 *
35	34 *	36,9 *	40,7 *	46,2 *	48,8 *	48,9 *	0,41 *	17,7	21,5	25,2	27	30	39,2	51,7 *	0,56 *
36	14,3	18,1	21,3	22,8	24,8	23,1	0,23 *	20	19,4	21,8	24,2	24,6	33,6	51,1	0,53 *
37	17,7	20,5	24,3	27,3	28,5	29,2	0,3	19,5	21,2	24,2	27	28,7	35,9	52,6 *	0,55 *
38	18,4	20,8	24,8	28,3	28,6	31,3	0,33 *	20,5	22,3	25,4	27	28,8	36,7	52,7 *	0,53 *
39	40,2	49,9	57,5	61,2	62,8	64,4	0,58 *	21,1	23,8	26,8	29,9 *	32,7 *	40,3 *	58,2 *	0,61 *
40	24,6	29,1	36,6	39 *	40,5 *	43 *	0,46 *	19,1	21,1	24,3	26,1	28,1	37,3	53,5 *	0,57 *
41	22,1	26,3	32,3	34,9	35,3 *	36	0,35 *	15,8	17,7	22,2	24,3	28,2	36,7	51,7 *	0,61 *
42	28,4 *	30,1	33,4	36,1	42 *	42 *	0,38 *	20,3	22,9	25,9	27	27,9	32,9	51,4 *	0,41
43	21,4	27	30	32,3	36,5 *	38,1 *	0,41 *	20,7	25,3 *	28,6 *	29,5 *	32,9 *	41,9 *	62,9	0,68
44	26,1 *	29,1	31,5	38,4 *	43,8 *	44,1 *	0,5 *	22,4 *	25	28,1	30,5 *	32,3 *	39,6 *	60,4 *	0,61 *
45	26,1 *	20,6	22,2	31,2	32	32	0,29 *	14,8	17,2	18,6	18,6	20,7	29,7	44,9	0,49
46	26,1 *	29,7	36,6 *	41,4 *	42,5 *	42,2 *	0,43 *	20,9	24,1	26,8	27,9	30,5	40,7 *	54 *	0,55 *
47	21,6	26,5	30,8	33,9	38,8 *	35,5	0,38 *	21	23,6	26,8	28,4	30,3	36,9	51,1	0,49
48	23,9	28,8	34	37,4	38,4 *	39 *	0,38 *	20,4	21,7	24,9	26,6	28,4	34,7	49,5	0,48
49	15,5	19,1	23,5	25,2	26	26,4	0,27 *	16,5	18,4	23,4	25,3	27,7	32,3	52,4 *	0,58 *

50	20,3	22,8	26,1	28,6	29,3	29,6	0,24 *	16,4	18,8	22,4	23,9	26,3	34,5	51,7 *	0,58 *
MG	23,7	28,1	32,2	35,3	37,3	38	0,36	19,5	22,1	25,6	27,6	29,6	37,4	52,2	0,54
DMS	15,82	18,74	21,59	24,54	25,9	26,41	0,4	4,19	5,29	6,82	7,52	8,56	11,46	10,43	0,16

Nota: MG (media general); DMS (diferencia mínima significativa $\alpha=0,05$). La celda color verde indica la FMH con mayor media para la variable y la celda color rojo indica la FMH con menor media para la variable. El * indica aquellas FMH que no son significativamente diferentes de la FMH con mayor media.

Según lo observado en el Cuadro 15:

- **Número de macollos:** a pesar de que no existieron diferencias significativas para las evaluaciones realizadas durante la primavera, la FMH 39 presentó el mayor número de macollos en todas las evaluaciones. En términos generales, las FMH 1, 4, 5, 18, 19, 40, 42, 44, 46 y 48 se destacaron por presentar un número de macollos superior a la media general en varias de las evaluaciones. En contraste, la FMH 10 fue la que presentó menor media para las evaluaciones de macollos número 6, 9 y 10, mientras que, la FMH 8 fue la de menor valor para la evaluación de macollos número 8 y la FMH 36 fue la de menor valor para las evaluaciones de macollo número 7 y 11.
- **Tasa de macollaje primavera:** a pesar de que no existieron diferencias significativas entre FMH, la FMH 34 presentó la mayor tasa de macollaje, con un valor 0,65. Mientras que, las FMH 4, 5, 11, 18, 21, 39, 40, 42, 43, 44, 46 y 48 se destacaron por presentar una tasa de macollaje superior a la media general. En contraste, la FMH 3 fue la que presentó menor tasa de macollaje, con un valor de 0,16.
- **Altura de planta:** la FMH 19 presentó el mayor valor medio para la sexta medición de altura, la FMH 18 presentó la mayor media para la séptima, octava y décima medición, la FMH 1 presentó la mayor media para la novena y undécima medición y, por último, la FMH 43 presentó mayor media para la duodécima medición. En términos generales, las FMH 1, 4, 18, 19, 39, 42, 43, 44 y 46 se destacaron por presentar una altura de planta superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH de mayor media en varias de las evaluaciones. En contraste, la FMH 45 fue la que presentó menor altura de planta en la mayoría de las mediciones, a excepción de la duodécima medición, donde la FMH 9 presentó el menor valor medio.
- **Tasa de crecimiento altura de planta primavera:** la FMH 43 presentó la mayor tasa de crecimiento, con un valor de 0,68. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 7, 14, 18, 19, 34, 39, 40, 44 y 46 se destacaron por presentar una tasa de crecimiento superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 43. En contraste, la FMH 20 fue la que presentó menor tasa de crecimiento, con un valor de 0,38.

Caracteres reproductivos:

En el Cuadro 16 se presenta el comportamiento promedio del análisis de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide: media, desvío estándar, coeficiente de variación, máximo, mínimo y significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH), para todos los caracteres reproductivos estudiados. Se observó que existieron diferencias significativas entre FMH para las variables días a inicio de floración, peso total de semillas y peso de mil semillas ($p \leq 0,05$).

Cuadro 16. Comportamiento promedio de las 50 FMH de raigrás anual tetraploide en caracteres reproductivos. Media, desvío estándar, máximo, mínimo, coeficiente de variación, nivel de significancia (valor p del análisis de la varianza, contemplando efecto entre FMH)

	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Valor p
DAF	69,08	20,50	29,60	21	108	0,0001
nesp	19,5	10	51,60	3	56,70	0,2495
lesp (cm)	18,0	3,31	18,40	7,40	25	0,0740

eesp	21,0	3,96	18,80	7,20	34,70	0,1003
psem (g)	1,91	1,46	76,30	0,10	6,90	0,0001
p1000 (g)	2,87	0,75	26,10	0,60	4,61	0,0011

En el Cuadro 17 se observan las medias aritméticas de las 50 FMH para los caracteres reproductivos.

Cuadro 17. Medias aritméticas de los caracteres reproductivos evaluados para las 50 FMH de *Lolium multiflorum* y similitudes o diferencias entre las FMH a través de test LSD Fisher

FMH	DAF	Nesp	lesp (cm)	Eesp	psem (g)	p1000 (g)
1	64,82	32,5 *	18,7 *	18,1	3,41 *	3,37 *
2	84,32 *	29,9 *	20,7 *	23,5 *	2,32 *	3,47 *
3	71,97	11,4	14,1	18	0,77	2,2
4	68,46	22,3 *	20,1 *	22,3 *	2,85 *	3,64 *
5	61,93	23,3 *	21,8 *	23,4 *	2,06 *	3,05 *
6	78,15 *	22,4 *	19,5 *	21,3 *	2,22 *	3,38 *
7	96,33 *	20,7 *	19,6 *	21,5 *	1,6	2,85 *
8	69,67	18,3 *	14	16,4	0,53	2,19
9	39,72	9,4	10,6	12,3	0,15	1,56
10	50,5	11,3	17,5 *	19,8 *	0,66	2,85 *
11	60,13	18,3 *	15,5	17,6	1,11	2,62
12	67	21,5 *	17,1 *	24,4 *	0,81	2,46
13	77,5 *	20,6 *	17,7 *	23,6 *	1,68	3 *
14	65,33	17,8	22,4	24,1 *	1,31	3,78
15	49,07	14,8	19,5 *	21,3 *	1,11	3,37 *
16	47,77	16,4	16,8	20,2 *	0,56	2,45
17	68,61	18,8 *	19,5 *	24,1 *	2,81 *	3,36 *
18	69,82	25,7 *	17,9 *	18,6	1,91 *	3,41 *
19	66,41	20,8 *	20,1 *	19,6 *	1,21	3,16 *
20	42,67	28,8 *	15,6	21,1 *	0,83	1,26
21	73,11	23,1 *	19 *	22,5 *	1,72	2,82 *
22	86,39 *	11,5	16,6	20,3 *	1,56	3,31 *
23	58,63	17,9	16,5	20,5 *	1,18	2,82 *
24	67,45	12,2	17,7 *	18,5	0,64	1,99
25	60,83	13,9	18,1 *	19,2	1,49	2,7
26	54,37	10,6	16,5	18,3	1,32	2,49
27	91,04 *	15,1	16,3	18,7	1,43	2,4
28	61,61	9,7	14,1	17,3	0,98	1,81
29	71,06	16,4	19,6 *	24,7 *	2,39 *	3,2 *

30	80,97 *	26 *	20,2 *	24 *	2,49 *	3,02 *
31	64,28	20,1 *	15,2	19	1,4	2,31
32	101,6	14	16,4	21 *	1,16	2,44
33	99,68 *	22,8 *	17,4 *	20,5 *	4,88	2,89 *
34	91,19 *	29,4 *	19,9 *	25,8	2,18 *	3,2 *
35	71,42	25,9 *	19,1 *	24,7 *	2,81 *	3,06 *
36	81,32 *	13,5	18,6 *	20,5 *	1,39	2,81 *
37	61,22	13,9	18,7 *	20,2 *	1,09	2,74
38	38,83	20,4 *	19,2 *	20,7 *	0,7	3 *
39	74,86 *	35,7	20,2 *	21,8 *	4,52 *	3,3 *
40	60,48	21,6 *	21,1 *	24 *	2,65 *	3,28 *
41	86,13 *	21,7 *	18 *	19,6 *	1,69	2,97 *
42	55,61	23,7 *	19,8 *	25,2 *	2,43 *	3,14 *
43	54,22	20,7 *	22,3 *	24,1 *	2,49 *	3,35 *
44	64,28	25,8 *	18,9 *	20,3 *	3,46 *	3,17 *
45	55,97	14,3	15,3	22,9 *	0,81	3,18 *
46	66,96	22,2 *	16,2	21,2 *	1,85	2,87 *
47	73,28	21,6 *	18,6 *	23,1 *	2,67 *	3,41 *
48	59,05	14,3	16,9	20,2 *	1,86	2,34
49	87,33 *	12,4	16,7	17,3	0,85	2,23
50	93,93 *	11,5	18,7 *	21,1 *	1,37	3,45 *
MG	69,08	19,5	18	21	1,91	2,87
DMS	27,74	16,52	5,28	6,37	1,77	1,06

Nota: MG (media general); DMS (diferencia mínima significativa $\alpha=0,05$). La celda color verde indica la FMH con mayor media para la variable y la celda color rojo indica la FMH con menor media para la variable. El * indica aquellas FMH que no son significativamente diferentes de la FMH con mayor media.

Según lo observado en el Cuadro 17:

- **Días a inicio de floración:** la FMH 32 presentó la mayor cantidad de días a inicio de floración, *i. e.* más tardía, con un valor de 101,6. En contraste, la FMH 38 fue la de menor cantidad de días a inicio de floración, con un valor de 38,83. Mientras que, las FMH 1, 5, 10, 15, 16, 19, 40, 42, 43, 44, 46 y 48 se destacaron por presentar días a inicio de floración menores a la media general, es decir, fueron las familias con menos días a floración, *i. e.* más precoces. También, es posible mencionar las FMH 18 y 39 las cuales presentaron valores apenas por encima del promedio general.
- **Número de espigas:** a pesar de que no existieron diferencias significativas, la FMH 39 presentó el mayor número de espigas, con un valor 35,7. Mientras que, las FMH 1, 2, 4, 5, 18, 19, 30, 34, 40, 42, 43, 44 y 46 se destacaron por presentar un número de espigas superior a la media general. En contraste, la FMH 9 fue la que presentó el menor número de espigas, con un valor de 9,4.
- **Largo de espiga:** a pesar de que no existieron diferencias significativas, la FMH 14 presentó el mayor largo de espiga, con un valor de 22,4 cm. Mientras que, las FMH 1, 2, 4, 5, 19, 30,

39, 40, 42, 43 y 44 se destacaron por presentar un largo de espiga superior a la media general. En contraste, la FMH 9 fue la que presentó el menor largo de espiga, con un valor de 10,6 cm.

- **Espiguillas por espiga:** a pesar de que no existieron diferencias significativas, la FMH 34 presentó el mayor número de espiguillas por espiga, con un valor 25,8. Mientras que, las FMH 4, 5, 12, 29, 39, 40, 42, 43 y 46 se destacaron por presentar un número de espiguillas por espiga superior a la media general. En contraste, la FMH con menor valor fue la 9 (12,3).
- **Peso total de semillas:** la FMH 33 presentó el mayor peso total de semillas, con un valor de 4,88 g. Mientras que, las FMH 1, 4, 5, 18, 39, 40, 42, 43, 44 y 48 se destacaron por presentar un peso total de semillas superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 33. En contraste, la FMH 9 fue la que presentó el menor peso total de semillas, con un valor de 0,15 g.
- **Peso de mil semillas:** la FMH 14 presentó el mayor peso de mil semillas, con un valor de 3,78 g. Mientras que, las FMH 1, 2, 4, 5, 18, 19, 39, 40, 42, 43, 44, 46, 47 y 50 se destacaron por presentar un peso de mil semillas superior a la media general, asimismo, no mostraron diferencias significativas con la FMH 14. En contraste, la FMH 20 fue la que presentó el menor peso de mil semillas, con un valor de 1,26 g.

Estimación de parámetros genéticos:

A continuación, se presentan los componentes de la varianza (varianza familiar, varianza del error y varianza fenotípica en base a medias de familias), la heredabilidad en sentido estricto en base a las medias familiares y la ganancia genética para cada variable (Cuadro 18).

Cuadro 18. Varianza familiar (σ^2_f), varianza del error (σ^2_e), varianza fenotípica en base a medias de familias (σ^2_{PFM}), heredabilidad en sentido estricto en base a medias familiares (h^2_{PFM}) y ganancia genética para los caracteres evaluados en las 50 FMH.

Variable	σ^2_f	σ^2_e	σ^2_{PFM}	h^2_{PFM}	ΔG absoluta	% ΔG	
nmac1	0,59	1,81	1,19	0,49	0,8 mac	21,4	Período Invierno
nmac2	1,51	5,83	3,45	0,44	1,3 mac	22,9	
nmac3	2,51	8,37	5,30	0,47	1,6 mac	21,7	
nmac4	3,49	24,26	11,58	0,30	1,7 mac	13,6	
nmac5	0,91	70,92	24,55	0,04	0,3 mac	1,5	
TNmlnv	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	
alt1	0,54	3,18	1,60	0,34	0,6 cm	5,1	
alt2	1,21	3,66	2,43	0,50	1,0 cm	7,3	
alt3	1,83	3,35	2,95	0,62	1,4 cm	9,0	
alt4	2,55	3,09	3,58	0,71	1,9 cm	11,6	
alt5	2,98	3,85	4,27	0,70	2,1 cm	11,9	
TAltlnv	0,00	0,00	0,00	0,00			
nmac6	5,74	91,82	36,34	0,16	1,5 mac	6,2	Prim
nmac7	5,81	126,49	47,97	0,12	1,3 mac	4,6	

nmac8	6,65	167,69	62,55	0,11	1,4 mac	4,2	
nmac9	3,32	216,06	75,34	0,04	0,6 mac	1,6	
nmac10	2,61	240,29	82,70	0,03	0,4 mac	1,1	
nmac11	5,03	247,71	87,60	0,06	0,9 mac	2,2	
TNmPmv	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	
alt6	3,95	6,43	6,09	0,65	2,4 cm	12,1	
alt7	4,47	9,94	7,79	0,57	2,4 cm	10,7	
alt8	4,75	16,52	10,25	0,46	2,2 cm	8,7	
alt9	5,42	20,21	12,16	0,45	2,4 cm	8,6	
alt10	4,71	26,14	13,43	0,35	1,8 cm	6,2	
alt11	3,53	47,18	19,25	0,18	1,1 cm	3,0	
alt12	8,57	38,20	21,31	0,40	2,9 cm	5,6	
TAltPmv	0,00	0,01	0,00	0,00			
DAF	131,75	284,37	226,54	0,58	-11,72 días	-17,0	Reproductivo
Nesp	5,52	93,38	36,65	0,15	1,3 espigas	6,8	
Lesp	1,36	9,60	4,56	0,30	0,9 cm	4,8	
Eesp	1,70	13,85	6,31	0,27	0,9 espiguillas	4,5	
Psem	0,48	0,99	0,81	0,59	0,75 g	39,4	
p1000	0,14	0,39	0,27	0,52	0,31g	10,8	

Las estimaciones de la heredabilidad en sentido estricto oscilaron entre 0 y 0,71 según el carácter analizado. En términos generales, en el Cuadro 18 se observa que las evaluaciones de macollos del período invierno obtuvieron valores de heredabilidad mayores que las evaluaciones de macollos del período primaveral. Además, para las distintas mediciones de altura, las heredabilidades no mostraron grandes diferencias entre períodos, obteniendo en la mayoría de los casos valores de heredabilidad de intermedios a altos (superiores a 0,34), a excepción de la undécima medición de altura, que obtuvo el valor más pequeño (0,18). Con respecto a las tasas de número de macollos y de altura, en ambos períodos, las heredabilidades obtuvieron un valor de 0. Por otra parte, el número de espigas, largo de espiga y espiguillas por espigas obtuvieron valores bajos de heredabilidad (inferiores a 0,3), mientras que, días a inicio de floración, el peso total de semillas y peso de mil semillas obtuvieron buenos valores de heredabilidad (0,58, 0,59 y 0,52 respectivamente).

Correlaciones fenotípicas entre caracteres morfo-fisiológicos:

- **Período Invierno:**

En el Cuadro 19 se observan las correlaciones fenotípicas entre los caracteres vegetativos del período invierno y los caracteres reproductivos. A continuación, se mencionan aquellas correlaciones altamente significativas ($p < 0,0001$) y con un coeficiente de correlación mayor o igual a 0,4 ($r \geq 0,4$):

- El número de espigas presentó una correlación positiva y significativa con número de macollos 2 ($r=0,57$; $p<0,0001$), número de macollos 3 ($r=0,57$; $p<0,0001$), número de macollos 4 ($r=0,62$; $p<0,0001$), número de macollos 5 ($r=0,68$; $p<0,0001$) y tasa número de macollos invierno ($r=0,67$; $p<0,0001$).
- El largo de espiga presentó una correlación positiva y significativa con número de espigas ($r=0,47$; $p<0,0001$) y espiguillas por espiga ($r=0,79$; $p<0,0001$).
- El peso total de semillas presentó una correlación positiva y significativa con número de macollos 5 ($r=0,46$; $p<0,0001$), tasa número de macollos invierno ($r=0,46$; $p<0,0001$), número de espigas ($r=0,66$; $p<0,0001$), largo de espigas ($r=0,53$; $p<0,0001$) y espiguillas por espiga ($r=0,43$; $p<0,0001$).
- El peso de mil semillas presentó una correlación positiva y significativa con número de espigas ($r=0,41$; $p<0,0001$), largo de espigas ($r=0,65$; $p<0,0001$), espiguillas por espiga ($r=0,47$; $p<0,0001$) y peso total de semillas ($r=0,47$; $p<0,0001$).

Por otro lado, es importante destacar que, todas las mediciones de altura (Alt1 a Alt5) estuvieron correlacionadas significativamente entre sí y con tasa altura de planta invierno; además, lo mismo ocurrió para las evaluaciones de macollos (Nmac1 a Nmac5), las cuales se correlacionaron significativamente entre sí y con tasa número de macollos invierno.

Cuadro 19. Coeficiente de correlación de Pearson y nivel de significancia. Sobre la diagonal se encuentran las probabilidades estadísticas; bajo la diagonal se encuentran los valores de correlación entre variables.

	alt1	alt2	alt3	alt4	alt5	TAlt Inv	nmac1	nmac2	nmac3	nmac4	nmac5	TNm Inv	DAF	nesp	lesp	eesp	psem	p1000
alt1		***	***	***	***	*	**	***	***	*	**	***	ns	***	*	ns	ns	ns
alt2	0,63		***	***	***	***	ns	*	*	ns	***	***	*	*	ns	ns	ns	ns
alt3	0,53	0,90		***	***	***	ns	Ns	Ns	ns	***	***	*	*	ns	ns	ns	ns
alt4	0,49	0,81	0,84		***	***	ns	Ns	Ns	ns	***	***	***	ns	ns	*	ns	ns
alt5	0,45	0,72	0,75	0,93		***	ns	*	Ns	*	***	***	***	***	ns	ns	*	ns
TaltInv	-0,19	0,33	0,45	0,65	0,74		ns	Ns	Ns	ns	*	***	***	ns	ns	**	ns	ns
nmac1	0,22							***	***	***	***	***	*	***	ns	ns	*	ns
nmac2	0,27	0,19			0,16		0,79		***	***	***	***	***	***	ns	ns	***	ns
nmac3	0,26	0,18					0,75	0,93		***	***	***	***	***	*	**	***	ns
nmac4	0,16	0,14			0,17		0,65	0,83	0,88		***	***	***	***	*	***	***	ns
nmac5	0,20	0,27	0,25	0,23	0,34	0,19	0,45	0,70	0,74	0,83		***	*	***	***	***	***	ns
Tnmlnv	0,23	0,32	0,28	0,24	0,34	0,23	0,34	0,62	0,68	0,81	0,98		*	***	***	***	***	*
DAF		-0,20	-0,19	-0,29	-0,26	-0,27	0,17	0,25	0,28	0,25	0,20	0,19		ns	*	**	ns	ns
Nesp	0,25	0,20	0,18		0,28		0,34	0,57	0,57	0,62	0,68	0,67			***	***	***	***
Lesp	0,16								0,19	0,19	0,24	0,27	0,18	0,47		***	***	***
Eesp				-0,16		-0,21			0,22	0,24	0,24	0,26	0,22	0,38	0,79		***	***
Psem					0,18		0,16	0,28	0,33	0,33	0,46	0,46		0,66	0,53	0,43		***
p1000												0,17		0,41	0,65	0,47	0,47	

Nota: NS (no significativo); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,0001$). Los coeficientes de correlación marcados en negrita corresponden a las correlaciones mencionadas.

- **Período Primavera:**

En el Cuadro 20 se observan las correlaciones fenotípicas entre los caracteres vegetativos del período primavera y los caracteres reproductivos. A continuación, se mencionan aquellas correlaciones altamente significativas ($p < 0,0001$) y con un coeficiente de correlación mayor o igual a 0,4 ($r \geq 0,4$):

- El número de espigas presentó una correlación positiva y significativa con todas las mediciones de altura (Alt6 a Alt12) (en todos los casos $r > 0,4$ y $p < 0,0001$), con tasa altura de planta primavera ($r = 0,42$; $p < 0,0001$), con todas las evaluaciones de macollos (Nmac6 a Nmac11) (en todos los casos $r > 0,7$ y $p < 0,0001$) y con tasa número de macollos primavera ($r = 0,67$; $p < 0,0001$).
- El largo de espiga presentó una correlación positiva y significativa con altura de planta duodécima medición ($r = 0,6$; $p < 0,0001$), con tasa altura de planta primavera ($r = 0,61$; $p < 0,0001$) y con número de espigas ($r = 0,47$; $p < 0,0001$).
- Espiguillas con espigas presentó una correlación positiva y significativa con largo de espigas ($r = 0,79$; $p < 0,0001$).
- El peso de semillas presentó una correlación positiva y significativa con la décima, undécima y duodécima medición de altura (Alt10 a Alt12) (en todos los casos $r > 0,4$ y $p < 0,0001$), con tasa altura de planta primavera ($r = 0,45$; $p < 0,0001$), con todos los conteos de macollos (Nmac6 a Nmac11) (en todos los casos $r > 0,4$ y $p < 0,0001$), con tasa número de macollos primavera ($r = 0,5$; $p < 0,0001$), con número de espigas ($r = 0,66$; $p < 0,0001$), con largo de espiga ($r = 0,53$; $p < 0,0001$) y con espiguillas por espiga ($r = 0,43$; $p < 0,0001$).
- El peso de mil semillas presentó una correlación positiva y significativa con duodécima medición de altura ($r = 0,49$; $p < 0,0001$), tasa altura de planta primavera ($r = 0,55$; $p < 0,0001$), número de espigas ($r = 0,41$; $p < 0,0001$), largo de espigas ($r = 0,65$; $p < 0,0001$), espiguillas por espiga ($r = 0,47$; $p < 0,0001$) y peso total de semillas ($r = 0,47$; $p < 0,0001$).

Además, es importante destacar que, en términos generales, todas las mediciones de altura (Alt6 a Alt12) estuvieron correlacionadas significativamente (correlación positiva) entre sí y con tasa altura de planta primavera (a excepción de Alt6). Además, todas las evaluaciones de macollos (Nmac6 a Nmac11) estuvieron correlacionadas significativamente (correlación positiva) entre sí y con la tasa de macollaje primavera. Por último, todas las evaluaciones de macollos y de altura de planta se correlacionaron significativamente y positivamente entre sí y con la tasa de macollaje primavera y con tasa altura de planta primavera.

Cuadro 20. Coeficiente de correlación de Pearson y nivel de significancia. Sobre la diagonal se encuentran las probabilidades estadísticas; bajo la diagonal se encuentran los valores de correlación entre variables

	alt6	alt7	alt8	alt9	alt10	alt11	alt12	TAlt Pmv	nmac6	nmac7	nmac8	nmac9	nmac10	nmac11	TNm Pmv	DAF	nesp	lesp	Eesp	psem	p1000
alt6		***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	*	ns	***	ns	ns	***	ns
alt7	0,88		***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	ns	ns	***	ns
alt8	0,78	0,93		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	**	ns	***	ns
alt9	0,70	0,86	0,94		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	ns	***	**
alt10	0,64	0,81	0,89	0,95		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	ns	***	***
alt11	0,59	0,72	0,79	0,84	0,9		***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	ns	***	***
alt12	0,50	0,60	0,63	0,66	0,70	0,70		***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***
TAltPmv		0,19	0,28	0,39	0,50	0,59	0,87		**	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***
nmac6	0,44	0,48	0,48	0,42	0,44	0,37	0,43	0,22		***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	**
nmac7	0,41	0,49	0,52	0,50	0,49	0,40	0,44	0,25	0,94		***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	*
nmac8	0,39	0,47	0,51	0,50	0,50	0,40	0,49	0,31	0,88	0,96		***	***	***	***	ns	***	***	***	***	**
nmac9	0,37	0,46	0,50	0,49	0,50	0,41	0,49	0,33	0,88	0,95	0,98		***	***	***	ns	***	***	***	***	**
nmac10	0,36	0,46	0,51	0,49	0,50	0,40	0,50	0,32	0,87	0,94	0,96	0,99		***	***	*	***	***	***	***	*
nmac11	0,37	0,47	0,52	0,50	0,51	0,41	0,51	0,34	0,86	0,93	0,95	0,98	0,99		***	ns	***	***	***	***	**
TNmPmv	0,19	0,30	0,39	0,40	0,40	0,32	0,44	0,36	0,46	0,60	0,70	0,78	0,81	0,84		ns	***	***	***	***	ns
DAF								0,23	0,18				0,17				ns	*	**	ns	ns
Nesp	0,44	0,55	0,61	0,62	0,62	0,54	0,61	0,42	0,76	0,79	0,80	0,82	0,83	0,84	0,67			***	***	***	***
Lesp			0,22	0,30	0,35	0,34	0,60	0,61	0,30	0,34	0,37	0,36	0,36	0,37	0,31	0,18	0,47		***	***	***
Eesp							0,32	0,35	0,32	0,36	0,37	0,37	0,38	0,36	0,28	0,22	0,38	0,79		***	***
Psem	0,26	0,36	0,39	0,39	0,46	0,41	0,54	0,45	0,47	0,49	0,52	0,55	0,56	0,56	0,50		0,66	0,53	0,43		***
p1000				0,21	0,29	0,36	0,49	0,55	0,23	0,19	0,21	0,21	0,20	0,22			0,41	0,65	0,47	0,47	

Nota: NS (no significativo); * ($p < 0,05$); ** ($p < 0,01$); *** ($p < 0,0001$). Los coeficientes de correlación marcados en negrita corresponden a las correlaciones mencionadas.

Análisis multivariado. Componentes Principales:

Para el Análisis de Componentes Principales, se consideraron 10 variables cuantitativas: tasa número de macollos invierno, tasa número de macollos primavera, tasa altura de planta invierno, tasa altura de planta primavera, días a inicio de floración, número de espigas, largo de espiga, espiguillas por espigas, peso total de semillas y peso de mil semillas. Se descartaron del análisis las evaluaciones de número de macollos (Nmac1 a Nmac11) y las mediciones de alturas (Alt1 a Alt12), ya que dichas variables presentaron una correlación significativa con las tasas de crecimiento correspondientes (Cuadros 19 y 20). Se observó que las dos primeras componentes explicaron un 62,2 % de la variación morfo-fisiológica total del germoplasma evaluado (Gráfico 9).

Si bien las dos componentes principales (CP) explicaron el 62,2 % de la variabilidad que presentaron los datos, la componente principal 1 (CP1) explicó el 46,1 % de variabilidad mientras que, la componente principal 2 (CP2) explicó el 16,1 % de la variabilidad (Gráfico 9). Con respecto al componente principal 1, las variables con mayor valor de autovector *i.e.* mayor peso, fueron largo de espigas y peso total de semillas. En cambio, las variables tasa de altura de planta invierno y número de espigas, fueron las que mayor autovector presentaron para la variabilidad encontrada en la componente principal 2 (Cuadro 21).

Cuadro 21. Autovectores (e) correspondientes a la CP1 (e1) y la CP2 (e2) para las variables analizadas

Variables	e1	e2
TAltInv	-0,11	0,52
TAltPmv	0,34	-0,20
TNmInv	0,31	0,37
TNmPmv	0,28	0,36
DAF	0,16	-0,37
Nesp	0,37	0,38
Lesp	0,38	-0,19
Eesp	0,34	-0,16
Psem	0,38	0,11
P1000	0,36	-0,24

En términos generales, en el biplot generado en el ACP (Gráfico 9), se observó que, en el cuadrante superior derecho se ubicaron las FMH que estuvieron más asociadas al número de espigas, al peso total de semillas y a ambas tasas de número de macollos. En este cuadrante se destacaron las FMH 1, 5, 18, 21,30, 33, 34, 35, 39, 40, 42, 44, 46, 47. Mientras que, en el cuadrante inferior derecho se ubicaron las FMH más asociadas a largo de espiga, espiguillas por espiga, peso de mil semillas, días a inicio de floración y tasa de altura de planta primavera, las FMH son: 2, 4, 6, 7, 14, 17, 29, 41 y 43. Por otro lado, en el cuadrante superior izquierdo se ubicaron las FMH 9, 11, 12, 16, 20, 26, 27 28, 31, 38 y 48, las cuales se distinguieron por presentar un ciclo de floración temprano, ya que se ubicaron del lado opuesto al vector "DAF", y por estar asociadas a la tasa de altura de planta invierno.

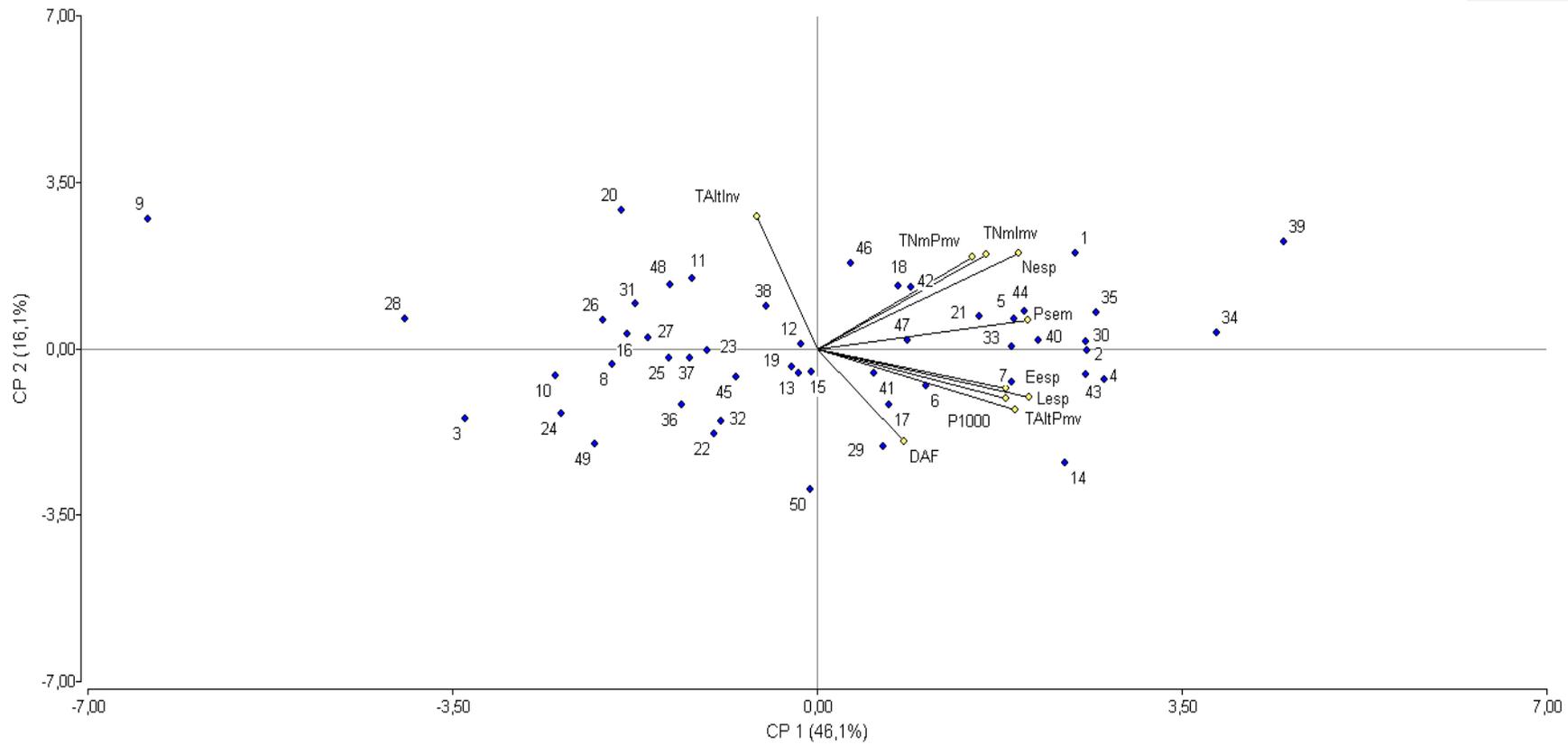


Gráfico 9. Análisis de Componentes Principales (CP1; CP2), para las 10 variables analizadas en las 50 FMH

7.2 DISCUSIÓN

Variabilidad entre FMH

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican la presencia de variabilidad genética significativa entre las FMH para algunos de los caracteres analizados. Estos hallazgos coinciden con diversos trabajos publicados sobre la especie, tanto para variedades diploides como tetraploides (Acuña, 2009; Alonso, 2004; Andrés *et al.*, 2005; Castro *et al.*, 2003; Giammaría, 2003; Hasnain *et al.*, 2021; Katova, 2019; Mendizábal, 2021; Monteverde y De Battista, 2008; Palacios, 2015; Ré *et al.*, 2009; Regner, 2016).

Teniendo en cuenta los objetivos del presente estudio, los resultados con respecto a la selección de FMH son prometedores, ya que se observó variación heredable entre familias, sobre todo en caracteres relacionados con el rendimiento de semillas y días a floración (asociado con la precocidad). Estos resultados coinciden con otros estudios, los cuales demostraron la existencia de un componente genético heredable para dichos caracteres, en familias de cultivares tetraploides (Mendizábal, 2021) y diploides (Álavarez, 2010; Regner, 2016).

Variables cualitativas (Hábito de crecimiento)

En forrajeras, el hábito de crecimiento y la disposición de las hojas, determinan la estructura del canopeo, lo que condiciona el manejo de las pasturas (Pearson e Ison, 1994). Los genotipos con hábito de crecimiento rastrero no son los de mayor productividad (Cooper y McColl, 1966; Rhodes, 1971), pero sobreviven mejor que los de tipo erecto en sistemas con defoliaciones continuas y frecuentes (Seaney, 1974). En este estudio se encontró que la mayor proporción de FMH (53,5 %) presentó un hábito de crecimiento semirastrero. Estos resultados son coincidentes con los detectados por otros autores en poblaciones naturalizadas de raigrás anual (Alonso, 1991; Palacios, 2015; Rosso, 2002) y en cultivares diploides (Regner, 2016). En contraste, en cultivares tetraploides, Mendizábal (2021) encontró un mayor porcentaje de plantas con hábito de crecimiento rastrero.

Variables cuantitativas

Caracteres vegetativos:

Para el **número de macollos**, los resultados obtenidos en este estudio no evidenciaron diferencias significativas entre las FMH para la mayoría de evaluaciones realizadas en ambos períodos (invierno y primavera), a excepción de las 3 primeras evaluaciones, las cuales mostraron diferencias significativas. Estudios previos encontraron variabilidad significativa para la especie, en poblaciones naturalizadas (Castro *et al.*, 2003), variedades diploides (Palacios, 2015; Regner, 2016) y tetraploides (Mendizábal, 2021). El carácter presentó una heredabilidad baja en la mayoría de las evaluaciones realizadas en ambos períodos, a excepción de las tres primeras evaluaciones (Nmac1, 2 y 3) en donde la heredabilidad fue intermedia, esto, podría indicar que es un carácter controlado por muchos

genes y con alta influencia ambiental (Pahlen, 1979). Estos resultados coinciden con otros estudios, los cuales demostraron valores de heredabilidad de intermedios a bajos, en familias de cultivares tetraploides (Giammaría, 2003; Mendizábal, 2021) y diploides (Palacios, 2015; Regner, 2016). Con respecto a la **tasa de macollaje**, los resultados no evidenciaron diferencias significativas entre las FMH para las tasas de ambos períodos. La heredabilidad para ambas tasas calculada fue nula, indicando que no es una variable heredable.

Para la **altura de planta**, los resultados obtenidos en este estudio evidenciaron diferencias significativas entre las FMH para la mayoría de las evaluaciones realizadas en ambos períodos, a excepción de la undécima medición de altura (Alt11), que no mostró diferencias significativas. El carácter presentó una heredabilidad de intermedia a alta en la mayoría de las mediciones realizadas en ambos períodos, a excepción de la undécima medición (Alt11) en donde la heredabilidad fue baja. Como ya se mencionó, otros autores obtuvieron valores entre 0,12 y 0,85 para el grado de determinación genética en cultivares diploides y tetraploides (Acuña, 2009; Monteverde, 2009; Mendizábal, 2021; Palacios, 2015); por lo tanto, no fue una sorpresa encontrar valores tan variables de heredabilidad en las distintas mediciones de altura analizadas. Con respecto a la **tasa de crecimiento** para la altura de planta, los resultados evidenciaron diferencias significativas entre las FMH para las tasas de ambos períodos. La heredabilidad para ambas tasas calculada fue nula indicando que no es una variable heredable.

La **producción de materia seca**, a pesar de ser un carácter muy importante para la especie, no se evaluó en este ensayo. Si bien estaba planificado en un comienzo, no se llevó cabo debido a las condiciones meteorológicas (sequía) de la localidad de Pergamino, las cuales no solo llevaron a la pérdida de varias plantas sino también al inicio temprano de espigazón, en función a esto, se priorizó la producción de semillas y la fenología.

Caracteres reproductivos:

Para los **días a inicio de floración**, los resultados obtenidos en este estudio demostraron variabilidad significativa entre FMH, indicando la posibilidad de seleccionar genotipos con fechas de floración contrastantes. Coincidiendo con otros autores, quienes también reportaron la existencia de variabilidad genética para dicho carácter (Castro *et al.*, 2003; De Battista *et al.*, 2000; Mendizábal, 2021; Monteverde y De Battista, 2008; Palacios, 2015; Regner, 2016; Rosso y Andrés, 2001). El carácter presentó una heredabilidad intermedia, coincidiendo con Mendizábal (2021), quien reportó valores similares de heredabilidad para cultivares tetraploides (0,58 y 0,46). En contraste, Álvarez (2010) encontró valores superiores para grupos de floración temprana y tardía (0,78 y 0,87 respectivamente) y otros autores obtuvieron valores entre 0,9 y 0,95 (Acuña, 2009; Monteverde, 2009), a pesar de que estos hallazgos fueron en variedades diploides.

Para el **número de espigas**, los resultados obtenidos no evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. En contraste, Mendizábal (2021) reportó diferencias significativas entre FMH de raigrás anual tetraploide evaluados en la localidad de Pergamino. La heredabilidad encontrada para este carácter fue baja. Este resultado no concuerda con lo expresado por Mendizábal (2021), quien obtuvo un alto valor heredabilidad en FMH de raigrás anual tetraploide evaluadas en la localidad de Pergamino. A su vez, sí coincide con lo

manifestado por la misma autora, quien obtuvo una baja heredabilidad para el carácter en FMH evaluadas en Concepción del Uruguay y con Giammaría (2003), que reportó valores de heredabilidad de intermedios a bajos en cultivares de raigrás anual tetraploide.

Para el **largo de espiga**, los resultados obtenidos no evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. En este caso, la media para el carácter, fue de 18 cm, no coincidiendo con los resultados publicados por Giammaría (2003) y Mendizábal (2021), quienes evaluaron cultivares tetraploides y obtuvieron valores mayores. Esta diferencia en el largo de espiga quizás estuvo dada por la gran sequía que hubo durante los meses del ensayo, la cual limitó el crecimiento de las plantas. La heredabilidad encontrada para el carácter fue baja, coincidiendo con Mendizábal (2021), quien reportó una heredabilidad similar para cultivares tetraploides evaluados en la localidad de Pergamino.

Para el **número de espiguillas por espigas**, los resultados obtenidos no evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. En cambio, otros autores reportaron la existencia de variabilidad genética para dicho carácter, tanto en variedades diploides (Palacios, 2015) como tetraploides (Mendizábal, 2021). La heredabilidad encontrada para el carácter fue baja, coincidiendo con lo publicado por Palacios (2015), quien reportó valores bajos de heredabilidad, pero para cultivares diploides. En contraste, Mendizábal (2021) obtuvo valores más altos de heredabilidad para cultivares tetraploides.

Para el **peso total de semillas**, los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter, coincidiendo con lo reportado por otros autores, tanto para variedades tetraploides (Giammaría, 2003) como diploides (Acuña, 2009; Álvarez, 2010; Regner, 2016). Contrariamente, Mendizábal (2021) no detectó variabilidad significativa en FMH tetraploides. La heredabilidad encontrada para el carácter fue intermedia, resultando ser un valor de heredabilidad alto en comparación con el valor publicado por Mendizábal (2021) para variedades tetraploides evaluados en la localidad Pergamino.

Para el **peso de mil semillas**, los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre FMH para el carácter. Otros autores también encontraron variabilidad para este carácter (Acuña, 2009; Bertín, 2004; Mendizábal, 2021; Palacios, 2015; Regner, 2016). La heredabilidad encontrada para el carácter fue intermedia, coincidiendo con lo encontrado por otros autores para cultivares de raigrás anual diploides (Álvarez, 2010; Palacios, 2015; Regner, 2016) y tetraploides (Giammaría, 2003). Contrariamente, Mendizábal (2021) encontró valores más bajos de heredabilidad para el carácter en cultivares tetraploides evaluados en la localidad de Pergamino y de Concepción del Uruguay.

Correlaciones fenotípicas entre caracteres morfo-fisiológicos:

Debido a la gran cantidad de variables analizadas, en este estudio solo se discuten las correlaciones fenotípicas mayores a 0,4 y altamente significativas ($p < 0,0001$); y las más importantes para un programa de mejoramiento genético.

Algo interesante a destacar es que, en el período primaveral, se observó que todas las evaluaciones de macollos y de altura de planta se asociaron significativamente y positivamente entre sí. Estas correlaciones son importantes, ya que como se mencionó en el

experimento 1, la altura de planta y el número de macollos pueden ser utilizados para la selección indirecta del peso de materia seca (Acuña, 2009; Rashal y Kholms, 1983).

Desde el punto de vista del mejoramiento genético del rendimiento de semilla se destacan otras asociaciones importantes, entre ellas, es posible mencionar el peso total de semillas, que estuvo correlacionado significativamente con el número de espigas, el largo de espiga y con espiguillas por espigas. Como se mencionó anteriormente, diversos autores manifestaron en sus trabajos, una elevada correlación entre el peso total de semillas y el número de espigas (Acuña, 2009; Barufaldi, 1999; Cerono, 1993; Guillén, 2002; Palacios, 2015; Regner, 2016) y también, entre el peso total de semillas y el largo de espiga (Andrés *et al.*, 1998; Ruíz Díaz y Andrés, 1998), por lo tanto, los resultados del presente estudio concuerdan con lo expresado por dichos investigadores. Otras asociaciones que se observaron fueron entre peso de mil semillas con el número de espigas, con el largo de espigas, con espiguillas por espiga y con el peso total de semillas, lo cual era esperable. Además, el largo de espiga también se correlacionó con el número de espigas y con espiguillas por espigas.

Análisis multivariados para los caracteres morfo-fisiológicos evaluados:

El Análisis de Componentes Principales permitió explicar gran parte de la variabilidad de los datos con las dos primeras componentes. El ACP permitió separar las FMH según peso total de semillas y largo de espiga, caracteres que explicaron la mayor variabilidad conjuntamente con el número de espigas y la tasa de crecimiento de altura de planta invierno. Se destacaron las FMH 1, 5, 18, 39, 40, 42, 44 y 46, por estar más asociadas al número de espigas, al peso total de semillas y a ambas tasas de número de macollos, además, dichas FMH presentaron un ciclo de floración precoz. Por otro lado, las FMH 2, 4, 6, 7, 14, 17, 29, 41 y 43 presentaron altos valores de largo de espiga, espiguillas por espiga, peso de mil semillas y tasa de altura de planta primavera. Además, las FMH 9, 11, 12, 16, 20, 26, 28, 31, 38 y 48, en términos generales, se distinguieron por tener un ciclo de floración temprano, y por estar asociadas a la tasa de altura de planta invierno

7.3 CONCLUSIÓN

- ✓ La caracterización agronómica de las 50 FMH, realizada a campo y en condición de planta individual, permitió detectar variabilidad genética entre FMH para algunos de los caracteres morfo-fisiológicos evaluados.
- ✓ Los valores de heredabilidad en sentido estricto obtenidos para la mayoría de los caracteres van de intermedios a altos, lo que demuestra la existencia de un componente genético heredable que permitiría seguir realizando selección de esos caracteres en el germoplasma evaluado. Solo para las variables números de macollos, número de espigas y espiguilla por espiga se observaron bajos valores de heredabilidad, además, en las tasas de crecimiento de ambos períodos la heredabilidad fue nula.
- ✓ Se detectaron correlaciones fenotípicas elevadas con significancia estadística en ambos períodos.
- ✓ Los cálculos de ganancia genética estiman aumentos tanto para los caracteres de rendimiento de forraje como para los de rendimiento de semilla, mientras que muestran que sería posible una disminución de los días para alcanzar la floración, con el objetivo de obtener mayor precocidad en el material selecto.
- ✓ Como el objetivo del presente trabajo fue la obtención de FMH con ciclo precoz y altos valores en producción de semilla, es posible detectar doce FMH de comportamiento superior. Las FMH 1, 4, 5, 18, 19, 39, 40, 42, 43, 44, 46 y 48 serían las selectas y podrían ser policruzadas para generar una sintética destacada para estos caracteres

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL

Discusión general

Las 50 FMH fueron evaluadas en los dos tipos de experimentos planteados en el presente estudio, los cuales tienen aplicaciones complementarias. El ensayo en estándar denso (experimento 1) emula las condiciones de siembra empleadas por el productor, mientras que, en el ensayo de planta individual (experimento 2) se prioriza expresar el máximo potencial de las FMH, ya que el distanciamiento entre plantas elimina la competencia entre las mismas. Adicionalmente, el experimento en planta aislada permite seleccionar dentro de FMH, es decir, seleccionar el individuo, y también, una mejor observación de la fenología de las plantas y de la parte sanitaria. Por lo tanto, combinar dos experimentos con distinto formato, permite complementar información para la selección. En este caso, las condiciones meteorológicas de Pergamino causaron la pérdida de muchos individuos, por lo que no se pudo realizar selección dentro de FMH. A pesar de las diferencias, los resultados obtenidos indicaron la presencia de variabilidad genética significativa entre las FMH en los dos experimentos, aunque, en el experimento 1 se determinó la existencia de variabilidad para la mayoría de los caracteres analizados, mientras que, en el experimento 2 para algunos caracteres no se encontró variabilidad. Esta falta de variabilidad genética en el experimento 2, en comparación con el experimento 1, pudo haber estado vinculada a las condiciones meteorológicas que hubo durante el transcurso del año 2022 en la localidad de Pergamino, la cual limitó el crecimiento de todas las plantas del ensayo y aumentó el error experimental.

Para los caracteres evaluados, se observaron diferencias en las estimaciones de la heredabilidad para un mismo carácter entre un experimento y el otro. En los caracteres días a inicio de floración, número de espigas, largo de espigas, espiguillas por espigas y peso de mil semillas, la heredabilidad fue mayor en el experimento 1 que en el experimento 2, mientras que, para el peso total de semillas la heredabilidad obtenida fue mayor en el experimento 2. Un factor que pudo haber contribuido a las diferencias observadas en las heredabilidades es el ambiente, no solo la diferencia de localidad, sino también las condiciones meteorológicas tan dispares. De todos modos, en ambos experimentos se observó variación heredable entre familias, sobre todo en días a floración (asociado con la precocidad).

Otro detalle interesante a destacar es la diferencia en las medias generales para algunos de los caracteres evaluados. Para días a inicio de floración se observó una menor media en el experimento 2 (69,08 días) en comparación con el experimento 1 (127 días), lo que en términos generales indicó que las FMH en el ensayo de Pergamino florecieron antes que en el ensayo de Concepción del Uruguay. A diferencia de estos resultados, Mendizábal (2021), para dicho carácter, evaluado en ambas localidades, obtuvo medias generales cercanas entre ellas, resultando en un valor de 124,14 días en Concepción de Uruguay y un valor de 120,39 días en Pergamino. Por lo tanto, dicha diferencia en la floración de las FMH en el presente estudio, podría estar asociada a las diferencias meteorológicas entre las localidades en el año en el que se llevaron a cabo los experimentos, es decir, debido a la gran sequía que hubo en Pergamino, se podría pensar que las FMH presentaron un gran estrés y como consecuencia, florecieron antes con el objetivo de generar semillas e intentar mantener la continuidad de la

especie. Por otro lado, para el largo de espiga y espiguillas por espigas también se observaron menores valores de media general en el experimento 2 con respecto al experimento 1, esta diferencia también se podría atribuir a las condiciones meteorológicas en Pergamino, que limitaron el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Con respecto a los cálculos de ganancia genética, en ambos experimentos se estimaron aumentos tanto para los caracteres de rendimiento de forraje como para los de rendimiento de semilla, y una disminución de los días para alcanzar la floración, ya que se consideró la selección de las FMH más tempranas. En el experimento 2 se estimaría una mayor disminución de los días a floración en comparación con el experimento 1. Al existir variabilidad heredable en la mayoría de los caracteres, la selección de FMH deseadas permite modificar (o mejorar) la media de los mismos, en sentido deseado.

Las ganancias genéticas se calcularon considerando la selección de las 10 FMH superiores para la variable analizada, mostrando el potencial de mejora para cada carácter individual. Sin embargo, el objetivo de este trabajo fue seleccionar aquellas FMH con buen rendimiento de forraje y de semilla y que presenten precocidad, por lo que al momento de seleccionar las FMH para continuar con el programa de mejora se puso más peso a ciertas variables que a otras, por lo que las familias electas no fueron las 10 mejores para cada variable analizada individualmente. De este modo, la ganancia genética calculada en el presente trabajo no sería la ganancia genética real que se obtendría seleccionando dichas familias, por lo que habría un avance menor.

Las familias electas en los dos experimentos no coincidieron en su totalidad, solo las FMH 1, 4, 5, 18 y 19 presentaron buen comportamiento y fueron seleccionadas en ambos experimentos, mientras que, las FMH 6, 10, 11, 15 y 17, fueron las selectas exclusivamente en el experimento 1 y las FMH 39, 40, 42, 44, 43, 46 y 48 fueron las selectas exclusivamente en el experimento 2. Las diferencias en el comportamiento de las mismas FMH en los distintos experimentos pueden deberse a una cuestión metodológica ya que ambos experimentos son constitutivamente diferentes, y, también a la interacción genotipo ambiente que podría haber.

Conclusión general

En ambos experimentos se determinó la presencia de variabilidad genética entre FMH, especialmente para el carácter "Días a inicio de floración", directamente relacionado con la precocidad del germoplasma.

Si el objetivo es poder seleccionar FMH con ciclo de precocidad y altos valores productivos en forraje y semilla las FMH 1, 4, 5, 18 y 19 evidenciaron un comportamiento superior y fueron electas en ambos experimentos.

A través de la presente caracterización morfo-fisiológica en ambos experimentos se observó que las FMH 9, 20, 32, 33, 35 y 41, presentaron características asociadas a la forma diploide de la especie.

9. REFERENCIAS

- Acuña, M. (2009). *Variabilidad genética en poblaciones naturalizadas de Lolium multiflorum* (Lam.) [Tesis de Maestría en Genética Vegetal]. UNR-INTA.
- Alonso, S. (1991). Variabilidad en poblaciones de *Lolium multiflorum* Lam. naturalizadas en los pastizales de la provincia de Buenos Aires [Tesis Ms. Sc. No publicada]. Escuela de Postgrado en Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP.
- Alonso, S. (2004). Evaluación de poblaciones de raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) naturalizadas en la pampa inundable de Argentina: caracteres morfológicos y fisiológicos en la etapa juvenil. *Recursos genéticos y evolución de los cultivos*, 51, 747-758.
- Álvarez, G. (2010). *Estimación de parámetros genéticos en familias de medios hermanos de raigrás anual diploide (Lolium multiflorum Lam.)* [Tesis de grado para optar al título de Licenciado en Genética no publicada]. UnaM.
- Amigone, M. (2003). *Producción bovina de carne*. Área Producción Animal, Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, Córdoba (Argentina).
- Amigone, M. (2004). Verdeos de invierno: el raigrás como alternativa. *Revista La Chacra*, 879, 18-20.
- Amigone, M., Chiacchiera, S., Bertram, N., Kloster, A., Conde, M. y Masiero, B. (2010). Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba. INTA, Centro Regional Córdoba, EEA Marcos Juárez. *Información para extensión*.
- Amigone, M. A. y Tomasso, J. C. (2006). *Principales características de especies y cultivares de verdeos invernales* (No. H2950). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires (Argentina). Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, Córdoba (Argentina).
- Andrés, A., Ivancovich, A. y Perez, A. (2000). Selección por resistencia a la roya de la corona (*Puccinia coronata*) de familias de raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.). *Revista de Tecnología Agropecuaria* 5(15), 54-56.
- Andrés, A., Rosso, B., De Battista, J. y Acuña, M. (2005). *Variabilidad genética entre poblaciones adaptadas de raigrás anual (Lolium multiflorum Lam.) en Argentina*. Simposio Mejoramiento molecular para el mejoramiento genético de cultivos forrajeros y césped .XX Congreso Internacional de Pastizales.
- Andrés, A., Rosso, B. y Ruíz Díaz, M. (1998). *Caracterización morfológica y fitopatológica de materiales de pasto ovillo (Dactylis glomerata L.) pertenecientes al Banco Activo de Germoplasma de la EEA Pergamino INTA*. XVI Seminario Panamericano de Semilla, Buenos Aires, Argentina.

- Ansín, O., Berthold, M. y Moltoni, G. (2007). Efecto del pastoreo y técnicas de promoción de raigrás en el forraje acumulado de un pastizal de la pampa deprimida bonaerense. *Revista Argentina de Producción Animal*, 27(1), 222-223.
- Aramendia, L. A. I. (2005). El género *Lolium*. Claves dicotómicas. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales*, 60, 143-155.
- Balzarini, M. G., Gonzalez, L. A., Tablada, E. M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A. y Robledo, C. W. (2008). *InfoStat, versión 2008: manual del usuario* (No. 005.30296 B198). Grupo InfoStat, Córdoba.
- Barufaldi, M. (1999). *Variabilidad genética en poblaciones adaptadas de Dactylis glomerata L.* [Tesis de Maestría no publicada]. INTA-UNR.
- Beltramino, H. J., Medvescigh, J. C., De Battista, J. J. y Costa, M. (2005). Efecto del hongo endófito *neotyphodium occultans* en la producción de semilla de raigrás anual. *Revista Ciencia Agropecuaria*, 9(1), 25-31.
- Bertín, O. (2004). Componentes de rendimiento y producción de semilla de raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal*. AAPA.
- Brizuela, M. A., Cid, M., Cahuepé, M., Rossi, E. V., Grecco, R. F. y Yagueddu, C. (1983). Estimación de la composición botánica de la dieta de vacunos en un pastizal natural. *Revista Argentina de Producción Animal*, 10, 95-403.
- Bugge, G. (1984). Heritability estimates for forage yield, ear emergence and quality characteristics of the dry matter in *Lolium multiflorum* Lam. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 92(4), 321-327.
- Cabrera, F. A. V. (2016). *Mejoramiento genético de plantas: Segunda Edición*. Universidad Nacional de Colombia. [Mejoramiento genético de plantas: Segunda Edición - Franco Alirio Vallejo Cabrera - Google Libros](#)
- Cahuepé, M. A., Hidalgo, L. G. y Galatoire, A. (1985). Aplicación de un índice de valoración zootécnica en pastizales de la Depresión del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal*, 5, 681-690.
- Carámbula, M. (1977). *Producción y manejo de pasturas sembradas*. Hemisferio Sur.
- Casañas, F., Bosch, L., Ruiz de Villa, M.C. y Clavero, A. (1980). Separación de siete variedades comerciales de *Lolium Multiflorum* var. *Westerwoldicum* mediante la consideración simultánea de 14 caracteres morfológicos. *Arxius de l'ESAB*, 2, 39-47.
- Castaño, J. (2005). Producción de semilla de gramíneas forrajeras en el sudeste bonaerense. *Materiales didácticos*, (10).

- Castro, C. M., de Oliveira, A. C., de Carvalho, F. I., Maia, M., Mattos, L. A. & Freitas, F. (2003). Morphological and molecular characterization of Italian ryegrass populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 3(4), 245-254.
- Cerono, J. (1993). *Variabilidad genética e identificación varietal en Festuca arundinaceae Schreb. cultivar El Palenque MAG* [Tesis de Maestría no publicada]. INTA-UNR.
- CIRN/INTA. (2012). *Informe final de ensayo con QUICK-SOL*. Servicio técnico del Centro de Investigaciones en Recursos Naturales/INTA Castelar a empresa AGRINEXUS s.a.
- Conover, W. J. (1999). *Estadística práctica no paramétrica*. John Wiley e hijos. [Practical Nonparametric Statistics - W. J. Conover - Google Libros](#)
- Cooper, J. P. & Mc Coll, D. (1966). Energy conversion in the grass plant. *Rep. Welsh Plant Breeding Station*, 12-13.
- Cornish, M. A., Hayward, M. D. & Lawrence, M. (1979). Self-incompatibility in ryegrass. *Heredity* 43, 95-106.
- Costa, M. P., Battista, J. y Seró, C. (2004). *Verdeos de invierno–Raigrás Anual*. INTA, Balcarce, Argentina.
- Davies, C., Méndez, D., Zamolinski A. y Peralta O. (2003). *Evaluación de especies y cultivares de cereales de invierno para pastoreo*. Jornada Demostrativa “Invierno al Verdeo”.
- De Battista, J. P., Andrés, A. y Costa, M. (2000). Evaluación de la variabilidad genética en cultivares tetraploides y diploides de raigrás anual. (*Lolium multiflorum* Lam.). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20(sup 1), 133-134.
- De Battista, J. P. y Ré, A. (2008). Tasas de crecimiento estacionales de verdes de invierno en vertisoles de Entre Ríos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 28(1), 465-6.
- Díaz, M., Echenique, V., Schrauf, G., Cardone, S., Polci, P., Lutz, E. y Spangenberg, G. (2004). Biotecnología y mejoramiento genético de especies forrajeras. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 33(3), 77-104.
- Di Rienzo, J., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M. y Walter Robledo, C.(2010). Infostat: software para análisis estadístico.
- Elgersma, A., Den Nijs, A. P. M. & Van Eeuwijk, F. A. (1989). Genetic variation for seed yield components of Westerwold ryegrass (*Lolium multiflorum* var. westerwoldicum). *Netherlands journal of agricultural science*, 37(2), 119-127.
- Ernst, W. H. O. (1987). Population differentiation in grassland vegetation. *Disturbance in Grasslands: Causes, effects and processes* (pp. 213-228). Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.

- Fernández, O. N., Pereira, M., Agnusdei, M. G., Colabelli, M. N. y Vignolio, O. R. (2008). Degradación de pastizales asociada a la promoción de raigrás en la Pampa Deprimida. *Revista de Producción Animal*, 28, 395-396.
- Giammaria, S.L. 2003. *Interacción genotipo por ambiente en caracteres morfofisiológicos y patométricos de familias de medios hermanos de raigrás anual (Lolium multiflorum Lam.)* [Tesis de Master no publicada]. Universidad Nacional de Rosario-INTA.
- Guillén, R. (2002). *Variabilidad genética en caracteres de interés agronómico en agropiro alargado (Thinopyrum ponticum (Podp.) Barkworth et Dewey) cultivar "El Vizcachero INTA"* [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Gurrea, M. (2000). Análisis de componentes principales. *Proyecto e-Math financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD)*. [Componentes_principales-libre.pdf \(d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net\)](#)
- Gutiérrez, L. M. y Rossi, E. M. (1997). Fertilización con nitrógeno y parámetros cualitativos en silajes de raigrás anual. *Revista Argentina de Producción Animal*, 17(sup I), 182-183.
- Hannaway, D. B., Fransen, S., Cropper, J. B., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., Halse, R., Hart, J., Cheeke, P., Hansen, D., Klinger, R. & Lane, W. (1999). *Annual ryegrass (Lolium multiflorum Lam.)*. Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Oregón, Extensión Cooperativa de la Universidad Estatal de Washington, Servicio de Extensión Cooperativa de la Universidad de Idaho. [Informe Administrativo O Publicación | Raigrás anual \(Lolium multiflorum Lam.\) | Identificación: cf95jb75s | ScholarsArchive@OSU \(oregonstate.edu\)](#)
- Hasnain, M., Tahir, M. H. N., Sher, M. A. y Shehzad, M. A. (2021). Estimación de la variabilidad genética y correlación entre diferentes genotipos de raigrás para el rendimiento de forraje y los rasgos relacionados con la calidad. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 26-31.
- Jewis, O. R. (1972). El ahijamiento en las gramíneas: su importancia y control. *Ciencia de pastos forrajes*, 27(2), 65-82.
- Katova, A. (2019). Variability of morphological characters of collection accessions of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Bulg J Agric Sci*, 25, 1015-1023.
- Lamote, V., Baert, J., Roldán-Ruiz, I., De Loose, M. & Van Bockstaele, E. (2002). Tracing of 2n egg occurrence in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) using interploidy crosses. *Euphytica*, 123(2), 159-164.
- Lande, R. & Price, T. (1989). Genetic correlations and maternal effect coefficients obtained from offspring-parent regression. *Genetics*, 122(4), 915-922.
- Loveless, M. D. y Hamrick, J. L. (1984). Determinantes ecológicos de la estructura genética en poblaciones vegetales. *Revista anual de ecología y sistemática*, 15(1), 65-95.

- Lus, J. (2010). *Raigrás anual*. <http://www.produccion-animal.com.ar>
- Marino, M. A., Mazzanti, A. y Echeverría, H. E. (1995). Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros anuales de invierno en el sudeste bonaerense: crecimiento y acumulación de forraje. *Revista Argentina de Producción Animal*, 15(1), 179-181.
- Mariotti, J. A. (1986). *Fundamentos de genética biométrica: aplicaciones al mejoramiento genético vegetal* (Vol. 32). Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Mazzanti, A., Castaño, J. A., Sevilla, G. H. y Orbea, J. R. (1992). *Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la Provincia de Buenos Aires manual de descripción*. INTA Balcarce.
- McLean, S. D. y Watson Jr, C. E. (1992). Selección divergente para la fecha de antesis en raigrás anual. *Ciencia de los cultivos*, 32(4), 847-851.
- Mendizábal, I. V. (2021). *Parámetros genéticos en familias de medio hermano de raigrás anual tetraploide creciendo en dos ambientes* [Tesis final de grado para optar al título de Licenciado en Genética, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio Institucional-UNNOBA.
- Mendizábal, I.V., Ré, A., Lavandera, J. y Acuña, M. (2021). *Parámetros genéticos en precocidad y producción de semillas en raigrás anual tetraploide*. XLIV Congreso Argentino de Producción Animal.
- Mignacco, A. L. (2019). *Evaluación y comparación del rendimiento de raigras anual diploide en dos ambientes* [Tesis final de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio Insitucional-UNNOBA.
- Monteverde, M.S. (2009). *Variabilidad genética interpoblacional en caracteres agronómicos en Lolium multiflorum Lamarck*. [Tesis de grado para la optar el título de Licenciado en Genética no publicada]. Universidad Nacional de Misiones.
- Monteverde, M.S. y De Battista, J. (2008). *Variabilidad genética en poblaciones de raigrás anual diploide (Lolium multiflorum Lam.)*. XXXVII Congreso Argentino de Genética.
- Nguyen, H. T. & Sleper, D. A. (1983). Theory and application of half-sib matings in forage grass breeding. *Theoretical and applied genetics*, 64, 187-196.
- Orozco, H., Quemé, J. L., Ovalle, W. y Rosales, F. (2015). Mejoramiento genético de la caña de azúcar. *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala* (pp. 46-77). Artemis Edinter. [Dialnet-EICultivoDeLaCanaDeAzucarEnGuatemala-572719 \(1\).pdf](#)
- Pahlen, A. (1979). El control genético de los componentes de rendimiento. *Revista de la Facultad de Agronomía EFA, Universidad de Buenos Aires*, 1, 87-96.

- Palacios, N. S. (2015). *Estudios genéticos de genotipos de Lolium multiflorum creciendo en suelo halomórfico y no halomórfico* [Tesis final de grado para optar al título de Licenciado en Genética, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio Insitucional-UNNOBA.
- Parodi, L. R. (1964). *Enciclopedia Argentina de agricultura y ganadería* (pp. 149-151). Acme.
- Pauletti, M. (2015). El Cultivo del Raigrás. *Revista Plan Agropecuario*, (159).
- Pearson, C. J. e Ison, R. L. (1994). *Agronomía de los sistemas pastoriles*. Editorial Hemisferio Sur.
- Piñeiro, J., Díaz, N. D. y Fernández, M. P. (2001). Raigrás italiano. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, (828), 437-443.
- Rashal, I. D. & Kholms, I. N. (1983). Variability and correlation of quantitative characters of Westerwolds ryegrass (*Lolium multiflorum* var. westerwoldicum Mans.) Genotypes, phenotypes, heritability coefficients. *Soviet Genetics*, 19, 1574-1579.
- Ré, A.E., Monteverde, M.S., Acuña, M.L., Varea, I. Andrés A. y De Battista, J. (2009). *Heredabilidad de la fecha de floración en familias de medios hermanos de raigrás anual evaluadas en dos ambientes*. XXXVIII Congreso Argentino de Genética.
- Regner, E. (2016). *Fenotipificación de familias de medio hermanos de Lolium multiflorum (Lam.)*. [Tesis de grado no publicada]. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
- Rhebergenm, H. (1985). *Microevolutionary processes in Festuca rubra* [Tesis no publicada]. Universidad de Ámsterdam.
- Rhodes, I. (1971). The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.): II. Yield, canopy structure and light interception. *The Journal of Agricultural Science*, 77(2), 283-292.
- Rosso, B. (2002). Evaluación preliminar de germoplasma introducido y naturalizado de raigrás anual. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, 2 (20).
- Rosso, B. S y Andrés, A. (2001). Evaluación preliminar de poblaciones naturalizadas de raigrás italiano en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Plant Genetic Resources Newsletter*, (128), 51-54.
- Ruíz Díaz, M. y Andrés, A. (1998). Variabilidad de caracteres relacionados a la producción de semilla de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Revista de Tecnología Agropecuaria*, 3(9), 25-29.

- Scheneiter, J. O. (2014). *El raigrás anual en las regiones Pampeana y sur de la Mesopotamia*. INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmp-inta-el_raigs_anual_en_las_regiones_pampeana_y_sur_de.pdf
- Schultze-Kraft, R. (1990). Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de plantas forrajeras. *Diálogo XVIII-Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el Cono Sur. IICA-PROCISUR, Montevideo, Uruguay, Ed. JP Puignau*, 319-326.
- Seaney, R. (1974). In *Forages: The Sciences of Grassland Agriculture*. ME Heath, DS Metcalfe and RF Barnes.
- Smoliak, S., Penney, D., Harper, A. M. & Horricks, J. S. (1981). Alberta forage manual. *Edmonton, AB: Alberta Agriculture, Print Media Branch, 19538*.
- Snaydon, R. W. (1978). Genetic changes in pasture populations. *Plant relations in pastures*, 253-269.
- Stace C.A. y Cotton R. (1980). *Lolium L. Flora Europea* (pp. 153-154).
- Studer, B., Jensen, L. B., Hentrup, S., Brazauskas, G., Kölliker, R. & Lübberstedt, T. (2008). Genetic characterisation of seed yield and fertility traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 117, 781-791.
- Terrell, E. E. (1968). *Una revisión taxonómica del género Lolium* (No. 1392). Servicio de Investigación Agrícola, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Turesson, G. (1922). The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas*, 3(3), 211-350.
- Tyler, B. F., Chorlton, K. H. & Thomas, I. D. (1987). Collection and field-sampling techniques for forages. *IBPGR Training Courses: Lecture Series (IBPGR)*.
- Vázquez, M. y Barberis, L. A. (1982). Variación estacional de la concentración de nitratos en el suelo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 17(1), 13-22.
- Whightman, P. S., Franklin, M. F. & Younie, D. (1997). The effect of sward height on responses of mini-swards of perennial ryegrass/white clover to slurry application. *Grass and Forage Science*, 52(1), 42-51.
- Zarroug, K. M., Nelson, C. J. y Coutts, J. H. (1983). Relación entre el ahijamiento y el rendimiento forrajero de festuca alta. *Ciencia de los Cultivos*, 23(2), 333-337.