

**PARÁMETROS GENÉTICOS EN FAMILIAS DE MEDIO HERMANOS DE RAIGRÁS  
ANUAL TETRAPLOIDE CRECIENDO EN DOS AMBIENTES**

Trabajo Final de Grado  
de la alumna



**Licenciatura en Genética**

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

Pergamino/Junín, 16 de Noviembre de 2021

**PARÁMETROS GENÉTICOS EN FAMILIAS DE MEDIO HERMANOS DE RAIGRÁS  
ANUAL TETRAPLOIDE CRECIENDO EN DOS AMBIENTES**

Trabajo Final de Grado

de la alumna

**IRIS VERÓNICA MENDIZÁBAL**

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

Dra. Mariela Acuña

(Nombre y Apellido)  
**Co-Director/a**

(Nombre y Apellido)  
**Director/a**

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

Pergamino/Junín, 16 de Noviembre de 2021

**El mayor servicio que puede prestarse a cualquier país  
es incorporar una planta útil a su cultura.**

**Thomas Jefferson (c.1800)**

## AGRADECIMIENTOS

A Mariela Acuña y Alejo Ré, por la paciencia y el tiempo que le han dedicado a corregir mi trabajo y a evacuar mis dudas; y por darme la libertad de trabajar, pensar, encontrar respuestas y proponer soluciones. Gracias por los buenos momentos tomando datos, viajando, comiendo asados y visitando palacios.

A Nelson Fioravanti, a Parri, a Javier Lavandera y a “las dos Antonelas” por ayudarme inconmensurablemente en la toma de datos a campo y en gabinete.

A la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires, por brindar el espacio y las herramientas para que pueda realizar mi formación universitaria. A toda su gente, por la calidez y la buena disposición. A quien sea que hace posible que los alumnos de esta Universidad no nos sintamos un número en un legajo, sino personas.

Al INTA, por abrirme las puertas y permitirme realizar mi trabajo final de grado en dos de sus estaciones experimentales del país.

A mi papá, por ayudarme a cumplir este sueño. A mi hermano Leo, por el empuje inicial para que pueda viajar a Pergamino. A mi hermano Manuel, por las preguntas curiosas y las horas charlando sobre todo esto. A mi abuela Haydée, por la confianza y las comidas a última hora del día. A mi mamá, por la fuerza que me transmitió. A mi gran amigo Manuel Retes, por haberme convencido desde pequeña de que sólo la educación me haría libre. A mis compañeros y amigos de la facultad, por los buenos momentos. A Anto, por la inspiración mientras escribía esta tesis.

A mi Fiat Uno rojo, por sus 50.000 km recorridos sobre ruta 188.

Y finalmente a José, porque siempre, siempre, siempre estuvo ahí.

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>1.1. El mejoramiento genético vegetal</b>	1
<b>1.2. ¿Por qué mejorar forrajes?</b>	1
<b>1.3. El mejoramiento genético del raigrás anual tetraploide (<i>Lolium multiflorum</i> Lam)</b>	2
1.3.1. Características de <i>Lolium multiflorum</i>	2
1.3.2. <i>Lolium multiflorum</i> para alimentación del ganado	3
1.3.3. Importancia de mejorar a <i>Lolium multiflorum</i> en precocidad	4
1.3.4. Estudiar la variabilidad genética para mejorar a <i>Lolium multiflorum</i>	4
1.3.5. La interacción genotipo por ambiente en <i>Lolium multiflorum</i>	5
<b>2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b>	7
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	8
<b>3.1. Diseño del ensayo</b>	8
<b>3.2. Germinación, invernadero y trasplante a campo</b>	9
<b>3.3. Toma de datos. Etapa vegetativa</b>	10
<b>3.4. Toma de datos. Etapa de floración</b>	12
<b>3.5. Toma de datos. Etapa de cosecha y post-cosecha</b>	13
3.5.1. Cosecha y datos de rendimiento	13
3.5.2. Espigas por planta, largo de espigas y espiguillas por espigas	14
3.5.3. Trilla y obtención de las semillas	15
3.5.4. Peso de semillas	16
3.5.5. Peso de mil semillas	17
<b>3.6. Análisis de los datos</b>	18
3.6.1. Análisis descriptivo y características agro-meteorológicas de los ambientes	18
3.6.2. Medias en Familia de Medio Hermanos (FMH)	18
3.6.3. Parámetros genéticos	18
3.6.3.1. Parámetros genéticos en 2 localidades	19
3.6.3.2. Parámetros genéticos en Pergamino y en Concepción del Uruguay	21
3.6.4. Análisis de Componentes Principales	23

<b>4. RESULTADOS</b>	25
<b>4.1. Análisis descriptivo</b>	25
4.1.1. Descripción agro-meteorológica de los ambientes.....	25
4.1.2. Medidas de resumen en 19 Familias de Medio Hermanos (FMH) en dos localidades: Pergamino y Concepción del Uruguay.....	26
4.1.3. Medidas de resumen en 19 FMH localidad de Pergamino.....	28
4.1.4. Medidas de resumen en 19 FMH localidad de Concepción del Uruguay .....	30
<b>4.2. Valores medios en caracteres evaluados en 19 Familias de Medio   Hermanos (FMH)</b>	31
4.2.1. Valores medios en caracteres evaluados en 19 FMH para dos localidades: Pergamino y Concepción del Uruguay .....	31
4.2.2. Valores medios en caracteres evaluados en 19 FMH para localidad de Pergamino.....	35
4.2.3. Valores medios en caracteres evaluados en 19 FMH para localidad de Concepción del Uruguay.....	40
<b>4.3. Parámetros genéticos en caracteres evaluados en 19 Familias de   Medio Hermanos (FMH)</b>	44
4.3.1. Parámetros genéticos en caracteres evaluados en 19 FMH a través del modelo Interacción genotipo por ambiente.....	44
4.3.2. Parámetros genéticos en caracteres evaluados en 19 FMH a través del análisis de planta individual en Pergamino.....	47
4.3.3. Parámetros genéticos en caracteres evaluados en 19 FMH a través del análisis de planta individual en Concepción del Uruguay.....	51
<b>4.4. Análisis Multivariados</b>	54
4.4.1. Análisis de Componentes Principales.....	54
4.4.2. Análisis de Conglomerados .....	56
<b>5. DISCUSIÓN</b>	58
<b>5.1. Variabilidad genética entre Familias de Medio Hermanos</b>	58
<b>5.2. Interacción genotipo por ambiente</b>	59
<b>5.3. Caracteres vegetativos: Valores medios. Parámetros genéticos</b> .....	60
<b>5.4. Caracteres reproductivos: Valores medios. Parámetros genéticos</b> .....	61
<b>5.6. Análisis Multivariados</b> .....	64

6.	<b>CONCLUSIONES</b>	.....	66
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	67
8.	<b>ANEXO</b>	.....	72
	<b>8.1. ANEXO A: Histograma de distribución de los datos</b>	.....	72
	8.1.1. Distribución de los datos. Dos localidades.....		72
	8.1.2. Distribución de los datos. Pergamino.....		75
	8.1.3. Distribución de los datos. Concepción del Uruguay.....		78
	<b>8.2. ANEXO B: Medias por Familia de Medio Hermanos</b> .....		81
	8.2.1. Medias por Familia de Medio Hermanos en 2 localidades.....		81
	8.2.2. Medias por Familia de Medio Hermanos en Pergamino.....		84
	8.2.3. Medias por Familia de Medio Hermanos en Concepción del Uruguay.....		87
	<b>8.3. ANEXO C: Frecuencias relativas en Hábito de Crecimiento</b> .....		91
	8.3.1. Frecuencias relativas en Hábito de crecimiento. Pergamino.....		91
	8.3.2. Frecuencias relativas en Hábito de crecimiento Concepción del Uruguay.....		91
	<b>8.4. ANEXO D: Correlación entre caracteres</b> .....		92
	8.4.1. Correlación entre caracteres 2 localidades.....		92
	8.4.2. Correlación entre caracteres. Pergamino.....		93
	8.4.3. Correlación entre caracteres. Concepción del Uruguay.....		94

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. EL MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL

El mejoramiento genético de plantas es un campo dentro de las ciencias relacionadas con la agricultura que tiene como objetivo generar plantas nuevas o mejoradas que resulten de importancia para la sociedad, a través de decisiones y acciones humanas que influyen en el manejo de la herencia de las mismas. Los objetivos del mejoramiento vegetal están siempre enfocados hacia un propósito concreto en el cual la manipulación de las características, la estructura y la composición de las plantas aspira a volverlas más útiles para la sociedad (Acquaa 2007) .

Las necesidades de la sociedad en general, y en especial las dificultades que enfrentan los productores de alimentos constituyen los principios motivadores fundamentales de la investigación en la mejora vegetal. Como se puede leer en la página principal de “*National Institute of Food and Agriculture*” perteneciente al departamento de agricultura de los Estados Unidos de América:

El mejoramiento de plantas –la ciencia de maximizar los caracteres genéticos positivos de las plantas– continúa abriendo nuevas fronteras en la producción agrícola. Los avances en genética y genómica, cuando son aplicados al mejoramiento ayudan a obtener mayores rendimientos en los cultivos, así como cultivares resistentes a los pesticidas, a los patógenos y a la sequía. (NIFA EUA 2020)

### 1.2. ¿POR QUÉ MEJORAR FORRAJES?

De acuerdo a los datos más actuales publicados por SENASA, nuestro país contaba hacia el mes de marzo del año 2020 con más de 53 millones de animales pertenecientes a la categoría de ganado vacuno, mientras que los datos de animales correspondientes a la producción de leche presentes en los tambos se refieren al año 2017 e incluyen la existencia de más de 3 millones de animales a nivel país (SENASA 2020).

Tomados estos datos en conjunto permiten elaborar una idea acerca de la necesidad de contar con pasturas que generen suficiente alimento de calidad para el ganado vacuno, que además presente una adecuada cobertura a lo largo del año.

Además de las necesidades de alimentación directa para el ganado e indirecta para la población humana, las pasturas demuestran tener otras cualidades de suma importancia.

De acuerdo a lo expresado en el Manual de producción de forrajes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria:

Las pasturas (...) cumplen funciones relacionadas con la protección del suelo y la conservación o la regeneración de las cualidades del mismo; que permiten mantener los rindes potenciales de los cultivos agrícolas y de los campos de pastoreo. Protegen al suelo evitando su degradación, que es provocada por la erosión y por la agricultura inadecuada, es decir, todo aquello que empeora, disminuye o deteriora algunas de sus cualidades y/o características (...) Cuando se realiza una buena rotación planificada entre cultivos de cosecha y pasturas se beneficia la estructura del suelo, mejora el drenaje, mejora el intercambio de nutrientes, etc. (INTA 2018)

Muchas de las especies que se utilizan como pasturas pueden ser empleadas también como cultivos de cobertura, aportando de esta manera otra alternativa para favorecer la conservación y recuperación de los suelos.

Con esta perspectiva las especies que componen pasturas son plantas de suma importancia no sólo para la alimentación animal y humana, sino también para mantener sano y productivo el suelo sobre el que se producen otro tipo de cultivos. Esta doble cualidad las coloca en un lugar esencial para orientar los objetivos de programas de mejoramiento genético. Evaluar las dificultades que presentan, comprenderlas en su entorno agrícola, y estudiar su relación con otras especies vegetales y con las especies animales permite estimar cuáles de sus características deben ser mejoradas para que el desarrollo de su potencial genético actúe favorablemente sobre la alimentación de la población al mismo tiempo que protege uno de los recursos naturales más valiosos que tenemos, nuestros suelos.

### 1.3. EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL RAIGRÁS ANUAL TETRAPLOIDE (*Lolium multiflorum* Lam.)

#### 1.3.1. Características de *Lolium multiflorum*

*Lolium multiflorum* es una gramínea nativa de ambientes mediterráneos de Europa y África que se naturalizó en Argentina, especialmente en la zona pampeana húmeda. Ocupa el segundo puesto en el país (detrás de la avena) en cuanto a su utilización como verdeo (Schneiter 2014). Su producción como especie forrajera es otoño-invierno-primaveral; aunque el grueso de la misma se ubica temporalmente a la salida del invierno

y en primavera, correspondiendo con momentos de altas tasas de crecimiento (De Battista y Ré 2008). La floración tiene lugar entre fines de octubre y principios de noviembre (Schneiter 2014).

El raigrás anual puede cultivarse en un extenso rango de tipos de suelo, excluyendo aquellos excesivamente o pobremente drenados. Demanda suelos de mediana a alta fertilidad y climas que no sean excesivamente cálidos y secos. Se encuentra difundido en zonas templadas y templadas-frías de precipitaciones anuales cercanas a los 750 mm anuales, regularmente distribuidos (Scheneiter, 2014). Tiene su máxima tasa de crecimiento entre los 20 y 25°C (Mazzanti *et al.* 1992).

Según su ploídia, definida como el número de juegos de cromosomas presentes en el núcleo celular, puede ser diploide ( $2n=2x=14$ ) o tetraploide ( $2n=4x=28$ ). Esta última se logró mediante la duplicación cromosómica con colchicina (Wit 1958) y también con un procedimiento menos efectivo que involucra la vía sexual, denominado cruzamiento interploide (Lamote *et al.* 2002). Las variedades tetraploides son capaces de producir mayores cantidades de materia seca y presentan un tamaño de semilla superior en relación a los materiales diploides (Bertín 2004). Las variedades tetraploides también se destacan de las diploides por presentar un mayor largo de hoja y una coloración más oscura de las mismas, un ciclo vegetativo más largo y mayor precocidad, mayor cantidad de carbohidratos solubles, lípidos y proteínas (mejorando así la digestibilidad, la eficiencia del rúmen y el desempeño animal) pero menor resistencia a estrés hídrico o al frío. (Oliveira 2014).

### 1.3.2. *Lolium multiflorum* para alimentar al ganado

El raigrás anual se ha constituido como una especie esencial en los sistemas de producción de leche y carne que demandan una fuente alternativa de energía en aquellos momentos en los que las pasturas perennes de invierno presentan una baja tasa de crecimiento. Una de las claves de su éxito en cuanto al aumento de área sembrada en las regiones húmedas y sub-húmedas en nuestro país tiene que ver con su capacidad para producir forraje en pleno invierno, cuando otros cultivos disminuyen su tasa de crecimiento, además de su tolerancia al pulgón verde y su sencillo establecimiento y resiembra (Schneiter 2014).

En palabras del ingeniero agrónomo Milton Carámbula:

Para pastoreo directo los raigrases anuales se ofrecen como plantas rústicas agresivas y muy macolladoras, soportando perfectamente el pisoteo y el diente al ofrecer buen piso (mejor que los cereales, dada su amplia cabellera de raíces superficiales) y rebrote rápido (dado su muy activo proceso de macollaje) (Carámbula 2003)

### 1.3.3. Importancia de mejorar la precocidad de *Lolium multiflorum*

Cuando se menciona el término “precocidad” de un material vegetal, en general se hace referencia a una capacidad del mismo de adelantar su desarrollo en relación a otros (Lus 2010)

El raigrás anual tiene una rápida germinación (de 5 a 7 días) y una alta tasa de crecimiento. Presenta su mejor comportamiento en el excelente crecimiento inicial, dando un establecimiento de la mezcla forrajera más homogéneo. Además de cubrir los baches invernales, deja al suelo protegido por un período mayor, lo que desfavorece el crecimiento de malezas. Por esta razón es muy apto para inter-siembras otoñales, también (INTA 2018).

Si una variedad de raigrás anual es más precoz que otra, se espera de ella que produzca anticipadamente mayor cantidad de forraje (Lus 2010). Esto es deseable en los sistemas productivos mencionados anteriormente, dado que cubrirá el bache invernal dado a fines de otoño y principios de invierno. Una característica relacionada directamente con la precocidad del material, y de sencilla evaluación, es la fecha de floración.

Debido a la importancia de esta especie se realizan diferentes trabajos de mejoramiento genético en algunas de las Estaciones Experimentales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Existen seis cultivares INTA en el mercado (INASE 2019). Estos cultivares se describen con diferente precocidad, siendo el PAMPA INTA el que menor cantidad de días a inicio de floración presenta según los registros consultados (INASE 2019).

### 1.3.4. La variabilidad genética en poblaciones de *Lolium multiflorum*

Los mejoradores de plantas habitualmente están en contacto con la variabilidad genética en una u otra forma. Es indispensable poder detectarla o incluso crearla como paso inicial para cualquier programa de mejora. Más tarde, el mejorador debe distinguir dentro de esa variabilidad, estimar y cotejar genotipos superiores, y por último multiplicar y poner a disposición de los productores los genotipos más deseables (Acquaa 2007).

De manera clara lo expresa De Lima Souza en el siguiente párrafo:

La fase inicial de cualquier programa de mejoramiento involucrando cualquier especie de planta requiere de una colección de germoplasma que funciona como un repositorio de genes para el desarrollo futuro de variedades. Así, el éxito de un programa de mejoramiento depende del conocimiento de la variabilidad genética disponible, la cual permitirá una selección eficiente de diferentes genotipos para producir híbridos y de genotipos similares para producir líneas (De Lima Souza 2019)

En base a esto resulta evidente la necesidad de estudiar, detectar y cuantificar la variabilidad genética de cualquier población de *Lolium multiflorum* que tenga como objetivo proveer de material para iniciar un programa de mejoramiento genético de la especie. Si se desea la obtención de un futuro cultivar que sea precoz, es de crucial importancia contar con germoplasma variable y que tenga genotipos que presenten distinto nivel de precocidad. En este caso, la caracterización fenotípica es decisiva como punto de partida. Es una de las caracterizaciones más empleadas para estudiar la variabilidad genética en caracteres agronómicos. Entre sus ventajas se destaca que es de sencilla aplicación, de bajo costo y de utilización directa en la selección (Ferreira y Grattapaglia 1998).

#### 1.3.5. La interacción genotipo por ambiente en *Lolium multiflorum*

La interacción genotipo por ambiente aparece cuando una variación ambiental genera diferente efecto sobre genotipos distintos, o, a la inversa, cuando un mismo genotipo produce respuestas diferentes en diversos ambientes (Cubero 1995).

El concepto de ambiente incluye aspectos climáticos, edafológicos y cronológicos. Cuando se pretende mejorar un material genético y se tiene como objetivo un cultivar modelo, es de vital importancia determinar si ese material de partida presenta el mismo comportamiento en diferentes ambientes.

Aunque el raigrás anual es una gramínea naturalizada de gran difusión en la zona pampeana húmeda, es posible cultivarla en otros ambientes. Para ello, los estudios de mejoramiento genético de la especie suelen reservar un espacio a la investigación de la interacción genotipo por ambiente, que resulta de gran ayuda para que el mejorador pueda conocer acabadamente el comportamiento de la población de *Lolium multiflorum* que se encuentra mejorando.

Como se mencionó en párrafos anteriores, el INTA lleva a cabo investigaciones sobre la especie en dos estaciones experimentales diferentes: la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (EEA Pergamino) y la Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay (EEA Concepción del Uruguay). Las dos localidades en donde se emplazan las investigaciones cuentan con diferencias climáticas y edafológicas: Pergamino se encuentra a 66 metros sobre el nivel del mar, y tiene un clima cálido y húmedo, con una temperatura promedio de 17,3° C y una media de precipitaciones anuales de 1056 mm (es.climate-data.org 2021). El suelo de Pergamino es de tipo argiudol típico, oscuro, profundo y bien drenado. Se encuentra en un paisaje de lomas y pendientes con gradientes de 0 a 1% (INTA, Carta de Suelos 2021). Concepción del Uruguay se encuentra a 3 metros sobre el nivel del mar, emplazado en las terrazas aluviales del Río Uruguay (poco onduladas y con pendiente hacia el Este), tiene un clima templado húmedo de llanura, con una temperatura promedio anual de 17,9°C, y una media de precipitaciones anuales de 1100 mm. Los suelos de esta localidad son del tipo vertisol y argiudol vertico o acuico (entrierios.gov.ar/ambiente 2021).

La presente investigación pretende ser un eslabón más en la cadena de estudios genéticos sobre *Lolium multiflorum*, dada su importancia a nivel nacional como especie de calidad para la alimentación del ganado. La Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires y el INTA son instituciones públicas con un rol protagónico en la investigación científica de Argentina, buscando responder a las demandas que, en principio, los sectores productivos tienen, y que en definitiva constituyen avances para la sociedad en su conjunto. Investigar el potencial genético que las plantas esconden es una tarea interesante y prometedora, porque en esa genética desconocida puede hallarse la respuesta definitiva a un problema productivo, o la posibilidad de explorar nuevas formas de generar alimentos.

Así, dar un paso más en el conocimiento de la variabilidad genética de *Lolium multiflorum* implica sentar las bases para mejorar genéticamente el material de estudio, y mejorar genéticamente a *Lolium multiflorum* es avanzar un tramo más en el largo recorrido que muchos investigadores argentinos han iniciado tiempo atrás, eligiendo el camino de la ciencia para mejorar la calidad de vida de los argentinos.

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### HIPÓTESIS

Existe variabilidad genética factible de ser seleccionada en caracteres morfo-fisiológicos entre y dentro de Familias de Medio Hermanos (FMH) de raigrás anual tetraploide.

### OBJETIVOS

#### Objetivo general

Determinar la variabilidad genética en Familias de Medio Hermanos de raigrás anual tetraploide, y estimar la heredabilidad en sentido estricto para caracteres de interés agronómico.

#### Objetivos específicos

- Evaluar la variabilidad genética en caracteres morfo-fisiológicos entre FMH, realizando especial hincapié en la precocidad del germoplasma.
- Estimar los parámetros genéticos de los caracteres cuantitativos (varianza genética, varianza ambiental y varianza fenotípica).
- Estimar la interacción genotipo por ambiente en los caracteres de interés.
- Estimar la heredabilidad en sentido estricto considerando ambos ambientes y dentro de cada ambiente.
- Realizar análisis multivariados para los caracteres morfo-fisiológicos evaluados.
- Determinar las correlaciones fenotípicas entre los caracteres morfo-fisiológicos.
- 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.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. DISEÑO DEL ENSAYO

Se evaluaron 19 Familias de Medio Hermanos (FMH) de raigrás anual tetraploide, obtenidas a partir de la cosecha individual de 19 genotipos de una población cuyo origen corresponde a una colecta realizada entre los años 2004 y 2005 (Andrés *et al.* 2005). El experimento se dispuso en dos ensayos, con un diseño similar, en dos localidades diferentes:

INTA EEA Pergamino (33°56´S; 60°33´O)

INTA EEA Concepción del Uruguay (32°30´S; 58°22´O)

Ambos ensayos respondieron a un Diseño en Bloques Completos al Azar con 3 repeticiones, y con cinco individuos por familia y repetición (Figura 1)

Cada FMH estuvo representada por 15 individuos en cada localidad, totalizando la evaluación de 570 genotipos (19 FMH \* 15 individuos \* 2 Loc).

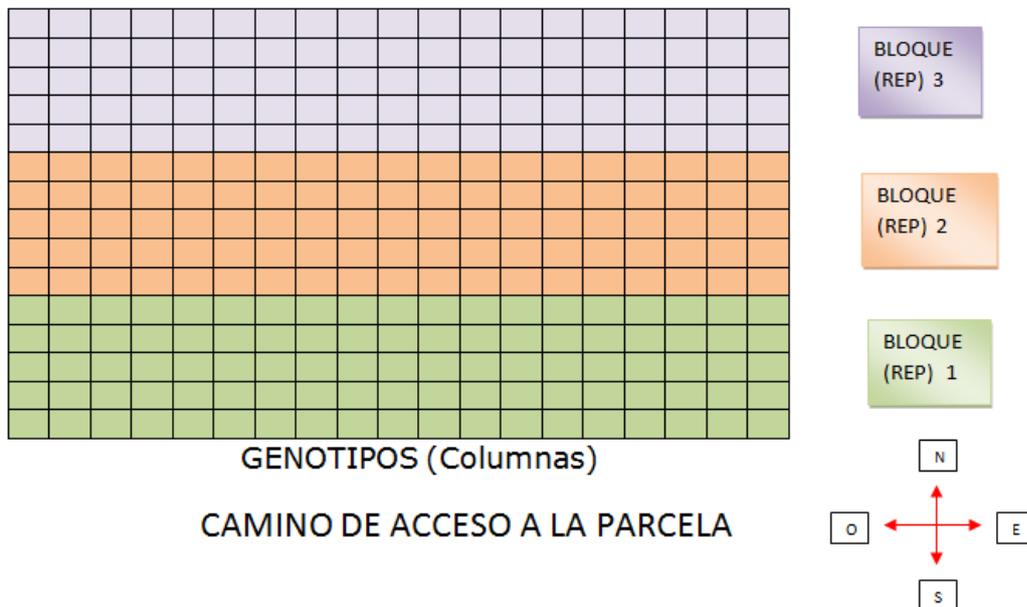


Figura 1: Plano de parcela Pergamino

Los genotipos (FMH) se ubicaron de izquierda a derecha del plano, uno por columna, comenzando en el bloque 1, por FMH 1 en columna 1, y finalizando con FMH 19 en columna 19. Los genotipos fueron distribuidos al azar en los restantes bloques de

repetición (2 y 3). La distribución en la localidad de Concepción del Uruguay fue similar, con la diferencia de que las ubicaciones de los genotipos se asignaron al azar en todos los bloques.

### 3.2. GERMINACIÓN, INVERNADERO Y TRASPLANTE A CAMPO

En principio, semillas de cada Familia de Medio Hermanos (FMH) se sembraron en speedlings en condiciones semi-controladas en invernáculo, durante el mes de Mayo del año 2019 (Foto 1). Cuando las plantas alcanzaron al menos ocho macollos fueron trasplantadas a campo, en condición de planta espaciada (Turesson 1922) (Foto 2, 3 y 4). El trasplante se realizó el día 28 de Junio de 2019.



Foto 1: Plántulas en invernáculo. INTA Pergamino



Foto 2: Parcela de ensayo. INTA Pergamino



Foto 3: Condición de planta aislada. INTA Pergamino



Foto 4: Parcela Concepción del Uruguay, plantas en condición de planta espaciada. INTA Concepción del Uruguay

### 3.3. TOMA DE DATOS. ETAPA VEGETATIVA

El día 28 de Agosto del año 2019 se realizó la primera toma de datos en la parcela del ensayo ubicada en la localidad de Pergamino, Buenos Aires, mientras que el día 13 de septiembre de 2019 se realizó la primera toma de datos en la localidad de Concepción del Uruguay (Foto 5).



Foto 5: El equipo de investigación tomando datos en la parcela. INTA Concepción del Uruguay

Los datos que se tomaron correspondieron a las siguientes características vegetativas: número de macollos por planta (en la localidad de Pergamino se realizaron dos conteos del número de macollos, el segundo se realizó el día 18 de octubre de 2019), altura de la planta, hábito de crecimiento y peso de materia seca al momento del corte (esto último sólo en localidad de Concepción del Uruguay). Además, se detectaron plantas muertas o faltantes.

Detección de plantas faltantes o muertas: Se recorrió la parcela en busca de plantas secas o faltantes, registrando los casos encontrados (Foto 6)



Foto 6: Plantas faltantes en parcela Concepción del Uruguay

Número de macollos por planta: Se procedió a contabilizar el número de macollos de cada planta, registrando la información en la planilla diseñada para tal fin. Los macollos son la unidad estructural de las gramíneas, y se pueden distinguir porque aparecen como si fueran brotes secundarios, o manojos de hojas que tienen un origen común.

Altura de la planta: Durante la toma de los datos de esta característica se utilizó una regla de 40 cm y se tomó la altura de la planta desde la base de la misma hasta el final de la hoja más larga. Los datos se registraron en una planilla.

Hábito de crecimiento: Se recorrió la parcela observando las plantas desde arriba, y registrando una de las tres posibilidades de hábito de crecimiento de la especie: erecto (registrado con el número 1), semi-erecto (registrado con el número 2) y plano o rastrero (registrado con el número 3). (Fotos 6, 7 y 8, respectivamente) (Los resultados de esta variable se encuentran expuestos en ANEXO B).



Foto 6: Hábito de crecimiento erecto



Foto 7: Hábito de crecimiento semi-erecto



Foto 8: Hábito de crecimiento plano o rastrero

#### Peso de materia seca del corte:

El día 13 de septiembre se procedió al corte de las hojas de las plantas en la localidad de Concepción del Uruguay, con una suma térmica desde el día de trasplante a campo (5 de Julio) de 1637 grados días. Los restos vegetales obtenidos se colocaron en sobres de papel madera previamente rotulados con el número de fila y de columna correspondiente a cada planta de la parcela. Posteriormente, se secó el material en estufa a 60° grados hasta alcanzar peso constante.

### 3.4. TOMA DE DATOS. ETAPA DE FLORACIÓN

En Pergamino, así como en Concepción del Uruguay, se tomaron datos de los días a inicio de floración, en diferentes momentos, pudiendo documentar el inicio de la floración tanto de la planta que floreció primero como de aquella que lo hizo en último lugar. Se documentaron inicios de floración desde el 26 del Septiembre de 2019 hasta el día 29 de Noviembre de 2019, correspondiendo a las primeras y últimas plantas en florecer, respectivamente.

Se consideró como inicio de floración la aparición de la primera espiga en estado incipiente (Foto 9). Para contabilizar la cantidad de días que demoró la planta en florecer se tomó como parámetro de partida el día de trasplante a campo.

Se documentaron fotográficamente algunas plantas en estado avanzado de floración, para poder visualizar la diferencia con el inicio de floración (Foto 10).



Foto 9: Inicio de floración: aparición de la primera espiga

Foto 10: Floración avanzada

### 3.5. TOMA DE DATOS. ETAPA DE COSECHA Y POST-COSECHA

#### 3.5.1. Cosecha y datos de rendimiento

Durante esta etapa se procedió a la cosecha de las plantas y a la toma de datos de variables de rendimiento, como largo de espigas, cantidad de espigas por planta, cantidad de espiguillas por espiga, peso de semillas y peso de mil semillas.

La cosecha se llevó a cabo el día 4 de Diciembre de 2019, estando las plantas lo suficientemente secas como para realizar la cosecha, pero antes de la liberación de

las semillas. Cada planta fue cortada desde la base y colocada en un sobre papel madera previamente rotulado (Fotos 11 y 12).



Foto 11: Rotulación de sobres al momento de la cosecha



Foto12: Cosecha

### 3.5.2. Espigas por planta, largo de espigas y espiguillas por espiga

Una vez que las plantas fueron cosechadas y colocadas en sus respectivos sobres rotulados, se llevó a cabo el conteo de la cantidad de espigas por planta y de espiguillas por espiga, mientras que también se midió el largo de las espigas.

Espigas por planta: El contenido de cada sobre se volcó en bandejas de plástico profundas, con el objetivo de no perder material vegetal. Una vez allí, se procedió a contabilizar la cantidad de espigas presentes en cada planta (Foto 13).



Foto 13: Planta cosechada dentro de la bandeja plástica, para contar el número de espigas.

Largo de espigas: para tomar esta medida se seleccionaron 3 espigas representativas de cada planta y se midió el largo de cada una desde el nudo de la hoja hasta el final de la espiga (Foto 14). El largo de estas tres espigas se promedió y ese valor final fue utilizado para la obtención de los resultados.



Foto 14: Medición del largo de espigas

Espiguillas por espiga: para realizar esta medición se utilizaron las mismas tres espigas seleccionadas para medir el largo, se contabilizaron las espiguillas de cada espiga (Foto 15) y se promediaron. El valor promedio fue utilizado para obtener los resultados.



Foto 15: Espiguillas por espiga. Se encuentran señaladas con flechas blancas algunas de las espiguillas.

Una vez finalizada la medición de las características mencionadas en cada planta, todo el contenido del sobre fue devuelto al mismo, para no perder ninguna semilla ni otro material vegetal de interés.

### 3.5.3. Trilla y obtención de las semillas

Para poder realizar las mediciones de peso de semillas y peso de mil semillas fue necesario realizar una trilla de cada planta para obtener las semillas totalmente separadas de los restos vegetales. Se trilló el contenido de cada sobre de forma manual y luego se tamizó (Foto 16, 17, y 18). Las semillas fueron colocadas en sobres de papel blanco pequeños que fueron rotulados previamente con la nomenclatura correspondiente de cada planta.



Foto 16: Trilla manual



Foto 17: Tamización del material trillado



Foto 18: Semillas limpias luego de la trilla

#### 3.5.4. Peso de semillas

Una vez que las semillas de cada planta se encontraron en sobres debidamente rotulados, se procedió a realizar el pesaje en balanza de precisión. Se utilizó un recipiente plástico donde se colocaron las semillas para llevar a la balanza, que previamente se taró con el peso del vaso (Foto 19).



Foto 19: Semillas en recipiente plástico llevado a balanza para el pesaje

### 3.5.5. Peso de mil semillas

Para realizar esta medición, se separaron 100 semillas de cada sobre que contenía las semillas totales de la planta (Foto 20) y se pesaron en balanza de precisión sobre un recipiente plástico pequeño, habiendo tarado previamente la balanza. Los datos se registraron, y para obtener el peso de mil semillas el valor obtenido en el pesaje se multiplicó por 10.



Foto 20: Conteo y recolección de 100 semillas de las semillas totales de una planta.

### 3.6. ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.6.1. Análisis descriptivo y características agro-meteorológicas de los ambientes

En primer lugar, se hizo una descripción de las características agro-meteorológicas de los ambientes estudiados, teniendo en cuenta temperaturas medias y precipitaciones medias por cada mes de duración del ensayo. Se incluyeron también datos de valores medios históricos.

El análisis descriptivo se llevó a cabo utilizando el programa Infostat®. Se estimaron las medidas de resumen para las variables en estudio en ambos ambientes, solo en la localidad de Pergamino y solo en la localidad de Concepción del Uruguay. Las medidas de resumen solicitadas fueron: valor medio, desvío estándar, valor mínimo para la variable, valor máximo y rango. También se incluyeron los resultados de la prueba de normalidad para cada variable, tanto en ambos ambientes como en cada localidad por separado. Para la prueba de normalidad se solicitó al programa los gráficos de tipo histograma y se evaluó si la distribución de los datos seguía una curva normal (Ver Anexo A). Aquellas variables cuyos datos no siguieron una distribución normal fueron transformadas aplicando el logaritmo decimal antes de ingresarlas para realizar el análisis de la varianza.

#### 3.6.2. Medias en Familias de Medio Hermanos

Junto con el Análisis de la Varianza (ANOVA) se solicitó al programa los valores de medias por familias para cada variable y se utilizó el test LSD (Least Significant Difference) Fisher, de comparaciones múltiples. Este test se basa en la generación de un umbral, un valor común basado en un test de la t de Student. Se estiman todas las diferencias entre medias de los niveles en análisis. Las diferencias que se encuentren por encima de este umbral se consideran significativas, mientras que las que están por debajo se interpretan como no significativas (Llopiz Pérez 2013).

En conjunto con los valores de medias de las Familias de Medio Hermanos y las diferencias entre ellas a través del test LSD Fisher, se solicitó al programa la generación de gráficos de barras en el análisis de cada variable.

Este procedimiento se hizo teniendo en cuenta ambos ambientes en el mismo análisis y en ambientes por separado.

#### 3.6.3. Parámetros genéticos

Se llevó a cabo un Análisis de la Varianza con un modelo de Interacción Genotipo por Ambiente (IGA) y con un modelo de análisis de planta individual (uno por localidad). De acuerdo a la definición de Balzarini *et al*: "(...) El modelo de análisis de la varianza se basa en la partición de la variabilidad total de la variable respuesta (Y) en una componente de la variabilidad debida a la influencia de factores de clasificación conocidos, más otro componente aleatorio asociado a la variabilidad residual o experimental."

A partir de los valores de cuadrados medios obtenidos en cada fuente de variación del ANOVA se calcularon los parámetros genéticos de interés.

Los valores de parámetros genéticos se estimaron por separado en cada ambiente y tomando en cuenta ambos ambientes en conjunto. Para este último caso se hizo hincapié en la significancia de la IGA. Aquellas variables cuya interacción genotipo por ambiente arrojó un p-valor menor al error aceptado de 0,05 se consideraron con IGA significativa y los parámetros genéticos se estimaron sólo en cada localidad por separado.

Para evaluar la variabilidad genética entre las familias se observó el p-valor asociado a la fuente de variación Familias de Medio Hermanos (FMH), siguiendo el mismo criterio empleado en el análisis de IGA: se consideraron significativas las diferencias entre las FMH en aquellas variables cuyo p-valor fue menor al error aceptado (0,05), mientras que se consideraron no significativas las diferencias entre las FMH en aquellas variables que arrojaron un valor superior (>0,05).

### 3.6.3.1 Parámetros genéticos en dos localidades

#### Modelo para determinar Interacción GxE y parámetros genéticos

Para la estimación de interacción Genotipo (FMH) por ambiente se siguió el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + B_{j(L)} + F_k + (F^*L)_{ki} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = respuesta observada de la k-ésima familia en la j-ésima repetición y la i-ésima localidad

$\mu$  = media general

$L_i$  = efecto aleatorio de la i-ésima localidad

$B_{j(L)}$  = efecto aleatorio de la j-ésima repetición anidada en la localidad

$F_k$  = efecto aleatorio de la k-ésima familia

$(F*L)_{ki}$  = efecto aleatorio de la interacción familia por localidad

$\epsilon_{ijk}$  = componente debido al error experimental

Tabla 1: ANOVA. Modelo interacción genotipo por ambiente.

Fuente de variación	de	g.l.	E(CM)	CM
Localidad		l-1		
Rep (Localidad)		r-1		
Familia		f - 1	$\sigma^2_{\text{error}} + r \cdot \sigma^2_{\text{Flia} \times \text{Loc}} + r \cdot l \cdot \sigma^2_{\text{Flia}}$	$\text{CM}_{\text{Flia}}$
Familia x Localidad		(l - 1) \cdot (f-1)	$\sigma^2_{\text{error}} + r \cdot \sigma^2_{\text{Flia} \times \text{Loc}}$	$\text{CM}_{\text{Flia} \times \text{Loc}}$
Error			$\sigma^2_{\text{error}}$	$\text{CM}_{\text{error}}$

r= repeticiones, l = localidades, f= familias

A partir del modelo planteado (Tabla 1) se determinó la significancia de la interacción genotipo por ambiente (FMH\*LOC), y a partir de la esperanza de los cuadrados medios se estimaron los distintos componentes de varianza de la siguiente forma:

$$\sigma^2_{\text{Flia}} = (\text{CM}_{\text{Flia}} - \text{CM}_{\text{Flia} \times \text{Loc}}) / (r \cdot l)$$

$$\sigma^2_{\text{Flia} \times \text{Loc}} = (\text{CM}_{\text{Flia} \times \text{Loc}} - \text{CM}_{\text{error}}) / r$$

$$\sigma^2_{\text{error}} = \text{CM}_{\text{error}}$$

La heredabilidad en sentido estricto en base a las medias fenotípicas de familia ( $h^2_{\text{PFM}}$ ) a través de localidades y repeticiones se calculó como (Nguyen y Sleper 1983):

$$h^2_{\text{PFM}} = \frac{\sigma^2_{\text{Flia}}}{\sigma^2_{\text{PFM}}} = \frac{\sigma^2_{\text{Flia}}}{\underbrace{\sigma^2_{\text{Flia}} + \sigma^2_{\text{Flia} \times \text{Loc}}}_l + \underbrace{\sigma^2_{\text{error}}}_{r \cdot l}}$$

Este estimador de heredabilidad fue usado para predecir la ganancia genética al seleccionar FMH en base a sus medias fenotípicas en ambos ambientes de la siguiente forma:

$$\Delta G = c \cdot k \cdot h^2_{PFM} \cdot \sigma_{PFM}$$

donde:

c: factor de control parental (Teniendo en cuenta que el tipo de familia estudiada fue la Familia de Medio Hermanos, se utilizó un valor del control parental de 0,5).

k: diferencial de selección estandarizado ( $[\text{Media Familias Seleccionadas}^* - \text{Media General}] / \text{Desvío fenotípico}$ )

$h^2_{PFM}$  = heredabilidad

$\sigma_{PFM}$  = desvío fenotípico

\*(Se seleccionaron las 3 familias de comportamiento superior)

### 3.6.3.2. Parámetros genéticos en localidades por separado

#### Modelo: Análisis Planta individual/selección individuos o familias

Debido a que en cada localidad las Familias de Medio Hermanos (FMH) fueron evaluadas en DBCA con igual número de plantas en cada parcela y los datos fueron obtenidos en la totalidad de las plantas, el modelo que se siguió dentro de cada localidad se presenta en la siguiente tabla de ANOVA:

Tabla 2: ANOVA. Modelo análisis planta individual

Fuente de variación	de	g.l.	E(CM)	CM
Repetición		$r - 1$		
Familia		$f - 1$	$\sigma^2_W + n \cdot \sigma^2_B + r \cdot n \cdot \sigma^2_{Flia}$	$CM_{Flia}$
Error entre (B)		$(r-1) \cdot (f-1)$	$\sigma^2_W + n \cdot \sigma^2_B$	$CM_{Repx Flia}$

Error dentro (W)	r.f (n-1)	$\sigma^2_W$	CM <sub>residual</sub>
------------------	-----------	--------------	------------------------

r, f y n son número de repeticiones, número de familias y número de plantas individuales por parcela respectivamente.

$\sigma^2_{Flia}$ : varianza entre FMH,  $\sigma^2_W$ : varianza entre plantas dentro de parcela y  $\sigma^2_B$ : varianza entre parcelas.

El componente de varianza familiar en este modelo ( $\sigma^2_{Flia}$ ) puede ser usado para estimar la varianza genética aditiva ( $\sigma^2_A$ ) donde:

$$\sigma^2_A = 4 \cdot \sigma^2_{Flia} \text{ (Falconer 1981)}$$

La heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ), al seleccionar plantas individuales, se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{4 \cdot \sigma^2_{Flia}}{\sigma^2_{Flia} + \sigma^2_B + \sigma^2_W}$$

La Ganancia por ciclo ( $\Delta G$ ) de selección de plantas individuales (selección masal en un año y una localidad) fue predicha de la siguiente forma:

$$\Delta G = c \cdot k \cdot h^2 \cdot \sigma_P$$

Frente a posibles bajos valores de  $h^2$  debido a grandes efectos ambientales, sería preferible la selección familiar a la selección individual, ya que, al utilizar las medias familiares como criterio de selección, aquellas obtenidas en ensayos con repeticiones, suelen estar menos influenciadas por el ambiente. En este caso la estimación de heredabilidad ( $h^2_{PFM}$ ), determinada en base a la media fenotípica de familia ya que considera a la familia como unidad de selección, sería:

$$h^2_{PFM} = \frac{\sigma^2_{Flia}}{\sigma^2_{PFM}} = \frac{\sigma^2_{Flia}}{\frac{\sigma^2_{Flia} + \sigma^2_B}{r} + \frac{\sigma^2_W}{r \cdot n}}$$

Siendo en este caso la ganancia predicha esperada por selección de las 3 familias superiores como:

$$\text{Delta G} = c \cdot k \cdot h^2_{\text{PFM}} \cdot \sigma_{\text{PFM}}$$

#### 3.6.4. Análisis Multivariados

##### 3.6.4.1. Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una manera de combinar linealmente las variables para encontrar índices, o componentes principales, con máxima varianza. Las variables se combinan definiendo una componente y los valores utilizados para generar esas combinaciones maximizan la varianza entre las componentes y aseguran una falta de correlación entre ellas. Los gráficos Biplot frecuentemente acompañan los resultados de ACP, ya que por medio de éstos se grafican en un plano óptimo para el estudio de variabilidad los casos y las variables de manera simultánea (Balzarini *et al.* 2004).

Además, los ACP permiten establecer una correlación estimativa entre variables estudiadas, de acuerdo al tipo de ángulo que se forma entre los vectores correspondientes a cada una de ellas.

Se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales para las variables cuantitativas, tomando a las dos localidades en conjunto y se solicitó al programa la creación de gráficos Biplot.

Para reforzar la información sobre correlación entre caracteres y aportar valores concretos a las mismas se hizo, además, el análisis de la probabilidad asociada a esa correlación y del Coeficiente de Pearson correspondiente. Esta información se encuentra ubicada en el ANEXO (Anexo D) del presente trabajo.

##### 3.6.4.2. Análisis de Conglomerados

El análisis de conglomerados es una combinación de algoritmos matemáticos cuyo objeto es la búsqueda de grupos similares lo más homogéneos posible en base a las variables estudiadas. Los resultados del agrupamiento se visualizan en un dendrograma. Resulta necesario seleccionar una medida de distancia y un algoritmo de agrupamiento. La

distancia más común cuando se trabaja con variables cuantitativas es la distancia Euclídea. Existen diferentes criterios para seleccionar el algoritmo a aplicar al set de datos (como así también el punto de corte sobre el eje de abscisas). Uno de ellos es tener en cuenta el valor del Coeficiente de Correlación Cofenética, aunque también resulta necesario darle importancia al conocimiento que el investigador tiene acerca del problema y los análisis posteriores que pueden realizarse con los grupos resultantes (Balzarini *et al.* 2004).

Se solicitó un análisis de conglomerados incluyendo a todas las variables cuantitativas estudiadas y a las 19 Familias de Medio Hermanos. La distancia seleccionada para realizar el análisis fue la distancia Euclídea, mientras que el algoritmo elegido fue el método Ward. El mismo promedia las distancias entre pares de casos (FMH) ajustando por las covarianzas (Acuña 2009).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

#### 4.1.1. Descripción agro-meteorológica de los ambientes

A continuación, se presenta la tabla 3, junto con las figuras 2 y 3, para exponer los valores de las variables meteorológicas registradas en la localidad de **Pergamino** (Figura 2) (INTA-SIGA 2019) y en la localidad de **Concepción del Uruguay** (Figura 3) (Vaiman 2019) durante los meses de duración del ensayo a campo.

Tabla 3: Temperaturas medias (°C) y precipitaciones totales (mm) durante los meses del ensayo (año 2019) y valores históricos (H) en 2 localidades.

Localidad	Pergamino				Concepción del Uruguay			
	T°C	T°C (H)	Pp mm	Pp mm (H)	T°C	T°C (H)	Pp mm	Pp mm (H)
Julio	9,95	9,8	22,1	36	10,7	11	27,6	49,6
Agosto	10,4	11,2	12,9	40	11,7	12,9	62,5	51,4
Septiembre	13,6	13,4	14,5	54	13,8	14,6	68,4	66,5
Octubre	15,9	16,5	64,5	105	17,5	17,9	196,1	109,6
Noviembre	21,7	19,4	46,6	100	22	20,7	99,4	112,6

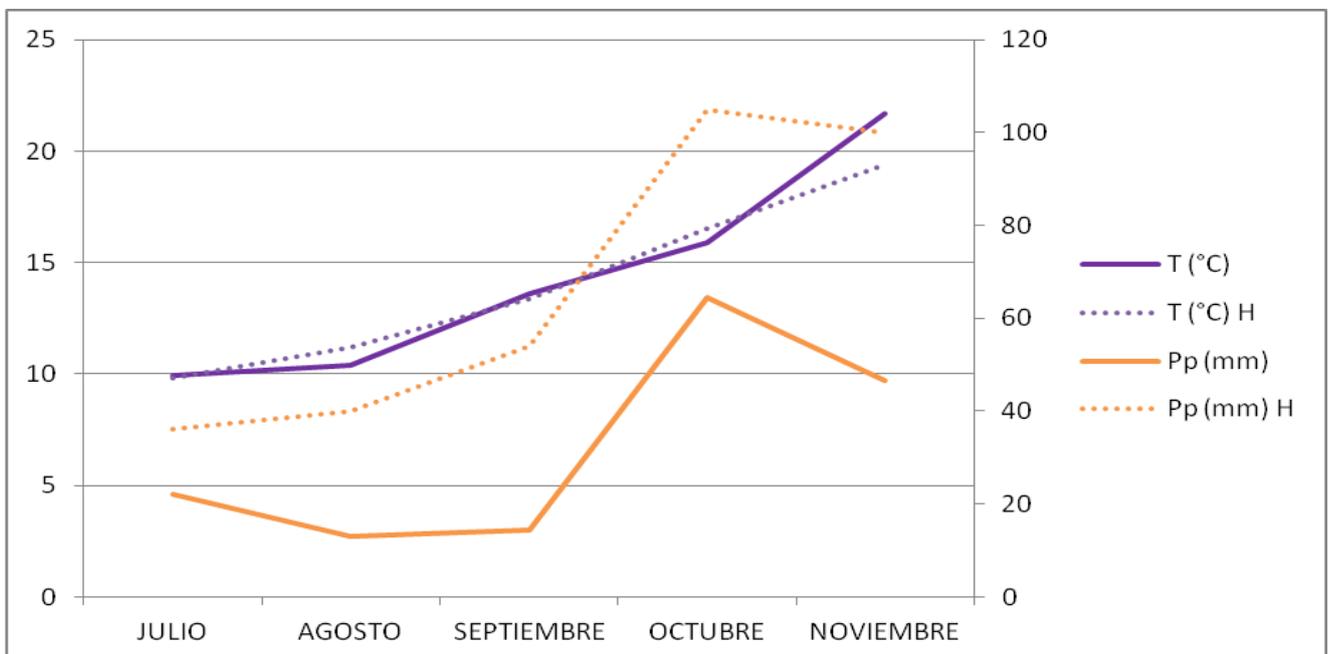


Figura 2: Temperaturas medias (T°C) y precipitaciones (PP mm) durante los meses del ensayo en **Pergamino**, y valores históricos (H). Eje "Y" izq.= T°C; Eje "Y" der.= Pp (mm)

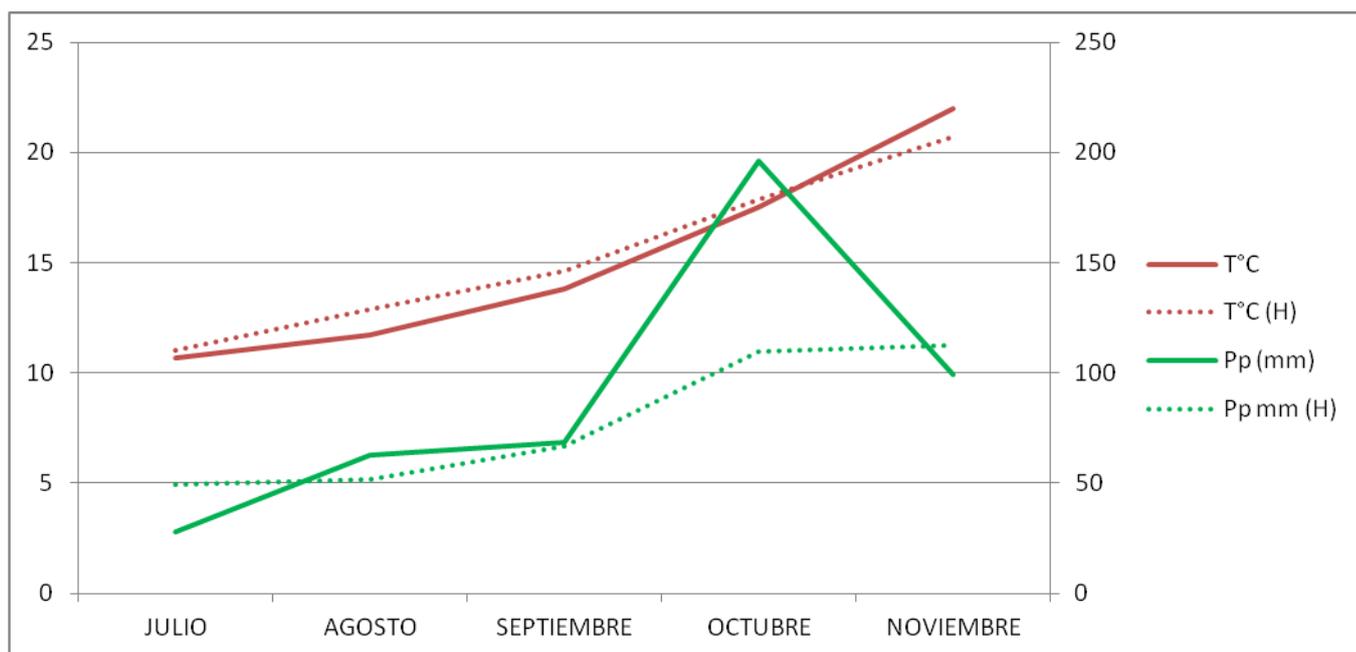


Figura 3: Temperaturas medias (T°C) y precipitaciones (Pp mm) durante los meses del ensayo en **Concepción del Uruguay**, y valores históricos (H). Eje "Y" izq.= T°C; Eje "Y" der.= Pp (mm)

De acuerdo a lo observado en la tabla 3 y en las figuras 2 y 3, no se registraron diferencias sustanciales de temperatura entre los meses de duración del ensayo y las medias históricas, en ninguna de las dos localidades. Tampoco se detectaron diferencias importantes en los valores de temperaturas medias entre las dos localidades.

Sin embargo, para el caso de las precipitaciones, en la localidad de Concepción del Uruguay se registró un mes con una media inferior a la histórica (Julio: 27,6 mm / 49,6 mm), pero en el resto de los meses la media de precipitaciones superó ampliamente la media histórica, especialmente en el mes de Octubre (196,1 mm / 109,6 mm) (Tabla 3, figura 3). Para la localidad de Pergamino las precipitaciones medias fueron notoriamente menores a la media histórica, en todos los meses de duración del ensayo (Tabla 3, figura 2).

#### 4.1.2. Medidas de resumen en 19 Familias de Medio Hermanos (FMH), en dos localidades: Pergamino y Concepción del Uruguay

A continuación se exponen las medidas de resumen estimadas en cada variable para ambos ambientes (Pergamino y Concepción del Uruguay) en las 19 Familias de Medio Hermanos participantes del ensayo (Tabla 4).

Tabla 4: Medidas de resumen para caracteres evaluados en 19 Familias de Medio Hermanos en 2 ambientes (Pergamino y Concepción del Uruguay)

Variable	Media	D.E	Mínimo	Máximo	Rango	Normalidad *
<b>Altura (cm)</b>	21,34	13,08	2,00	70,00	68	No. Se aplicó log10
<b>N°de macollos</b>	26,06	25,01	1	130	129	No. Se aplicó log10
<b>Días a floración</b>	121,95	6,08	96	145	49	SÍ
<b>Espigas/planta</b>	55,99	31,97	2	181	179	SI
<b>Largo de espigas (cm)</b>	28,30	5,83	11,20	42,60	31,4	SI
<b>Espiguillas/espiga</b>	26,72	4,35	14,00	40,80	26,8	SI
<b>Peso de semillas (g)</b>	9,46	13,21	0,10	73,00	72,9	No. Se aplicó log10
<b>Peso de mil semillas (g)</b>	3,09	0,62	1,58	5,10	3,52	SI

\*Los histogramas correspondientes a cada variable se encuentran presentados en la sección "ANEXO: Anexo A: Histogramas distribución de datos en dos localidades (Figuras 32-39)"

De acuerdo a lo observado en la tabla 4, la media de **Altura de la planta** fue de 21,34 cm, con un desvío estándar de 13,08 cm. El valor mínimo de altura de la planta fue de 2 cm, mientras que el valor máximo, de 70 cm. Por otro lado, la media en el **Número de macollos** fue de 26,06 macollos con un desvío de la misma de 25,01 macollos. Una o varias plantas presentaron sólo un macollo (mínimo) y una o varias plantas presentaron 130 macollos (máximo). Para la variable **Días a inicio de floración** la media fue de 121,95 días, con un desvío de 6,08 días. El valor mínimo para la floración fue de 96 días, mientras que el máximo, de 145 días.

Por otra parte, el valor medio de **Espigas por planta** fue de 55,99 espigas, con un desvío estándar de 31,97 espigas. Algunos ejemplares presentaron el valor mínimo de 2 espigas

y otros ejemplares presentaron el valor máximo, 181 espigas. Así mismo, el valor medio del **Largo de espigas** por planta fue de 28,3 cm, con un desvío estándar de 5,83 cm. Algunas plantas alcanzaron un mínimo de 11,2 cm para sus espigas y otras alcanzaron un máximo de 42,6 espigas. La media para la variable **Espiguillas por espiga** fue 26,72 espiguillas, con un desvío estándar de 4,35 espiguillas. Algunas plantas presentaron un mínimo de 14 espiguillas por espiga, mientras que otras presentaron un máximo de 40,8 espiguillas por espiga. Por otra parte, el **Peso de semillas** presentó una media por planta de 9,46 gramos, con un desvío estándar de 13,21 gramos. El mínimo para esta variable fue de 0,1 gramos, mientras que el máximo fue de 73 gramos. Finalmente, el valor de media para el **Peso de mil semillas** por planta fue de 3,09 gramos, con desvío estándar de 0,62 gramos. Se observó un valor mínimo de 1,58 gramos y un valor máximo de 5,40 gramos (Tabla 4).

Cabe destacar que la distribución de los datos para las variables estudiadas siguió una curva normal, excepto para las variables Altura de la planta, Número de macollos y Peso de semillas (Tabla 4).

#### 4.1.3. Medidas de resumen en 19 FMH para localidad de **Pergamino**.

En la tabla 5 se pueden observar las medidas de resumen correspondientes a los datos de la localidad de Pergamino, para las 19 Familias de Medio Hermanos y todas las variables cuantitativas estudiadas en la localidad.

Tabla 5: Medidas de resumen para caracteres evaluados en 19 Familias de medio hermanos en localidad de **Pergamino**.

Variable	Media	D.E	Mínimo	Máximo	Rango	Normalidad*
<b>Altura (cm)</b>	11,61	3,31	2,00	25,40	23,4	SI
<b>N°macollos 1</b>	10,88	8,13	1	67	66	No. Se aplicó log10
<b>N°macollos 2</b>	35,02	22,88	3	124	121	No. Se aplicó log10
<b>Días a floración</b>	120,39	5,72	104	145	41	SI
<b>Espigas/planta</b>	37,55	17	2	91	89	SI
<b>Largo espigas (cm)</b>	24,98	4,24	11,20	40,17	28,97	SI

<b>Espiguillas/espigas</b>	24,51	3,49	14	40,67	26,67	SI
<b>Peso de semillas (g)</b>	2,18	1,69	0,10	10,70	10,6	No. Se aplicó log10
<b>Peso de mil semillas (g)</b>	2,85	0,52	1,58	3,97	2,39	SI

\*Los histogramas correspondientes a cada variable se encuentran presentados en la sección "ANEXO: Anexo A: Distribución de los datos localidad Pergamino (Figuras 40-48)"

De acuerdo a la información contenida en la tabla 5, el valor medio de **Altura de la planta** fue de 11,61 cm, con un desvío estándar de 3,31 cm. Los valores mínimos y máximos para la variable fueron de 2 cm y de 25,4 cm, respectivamente. Por otro lado, la media para el primer conteo del **Número de macollos** fue de 10,88, con un desvío estándar de 8,13 macollos. La variable registró un valor mínimo de 1 macollo y un valor máximo de 67 macollos. El valor de media para el segundo conteo del **Número de macollos** fue de 35,02, con un desvío estándar de 22,8 macollos. La variable presentó un valor mínimo de 3 macollos, mientras que su valor máximo fue de 124 macollos. Por otra parte, la media para los **Días a inicio de floración** fue de 120,39 días, con un desvío estándar de 5,72 días. Los valores mínimos y máximos para la variable fueron de 104 y 145 días, respectivamente.

El valor medio para la variable **Espigas por planta** fue de 37,55 espigas, con un desvío estándar de 17 espigas. El mínimo registrado para la variable fue de 2 espigas mientras que el máximo alcanzó un valor de 91 espigas. Por otro lado, la variable **Largo de espigas** presentó un valor de media de 24,98 cm, con un desvío estándar de 4,24 cm. Se registró un mínimo de 11,20 cm y un valor máximo de 40,17 cm. La media para la variable **Espiguillas por espiga** fue de 24,51 espiguillas, con un desvío estándar de 3,49 espiguillas. La variable alcanzó un valor mínimo de 14 y un máximo de 40,67 espiguillas. El valor medio del **Peso de semillas** por planta fue de 2,18 gramos, con un desvío estándar de 1,69 gramos. El valor mínimo registrado para la variable fue de 0,1 gramos, mientras que el valor máximo fue de 10,7 gramos. En último lugar, la variable **Peso de mil semillas** presentó una media de 2,85 gramos, con un desvío estándar de 0,52 gramos. Se registró un mínimo y un máximo de 1,58 y 3,97 gramos, respectivamente (Tabla 5)

De acuerdo a lo observado en la tabla 5, los datos de la mayoría de las variables siguieron una distribución normal, excepto aquellos pertenecientes a las variables Número de macollos (1°conteo), Número de macollos (2°conteo) y Peso de semillas.

#### 4.1.4. Medidas de resumen en 19 FMH para localidad de **Concepción del Uruguay**

En la siguiente tabla (Tabla 6) se presentan los valores de medidas de resumen estimadas para las variables estudiadas en la localidad de Concepción del Uruguay, en las 19 Familias de Medio Hermanos.

Tabla 6: Medidas de resumen para caracteres evaluados en 19 FMH en la localidad de **Concepción del Uruguay**.

Variable	Media	D.E	Mínimo	Máximo	Rango	Normalidad*
<b>Altura (cm)</b>	35,29	8,37	15,00	70	55	SI
<b>N°macollos</b>	47,82	24,97	6	130	124	SI
<b>Peso seco (g)</b>	6,04	2,55	1,5	16	14,5	SI
<b>Días a floración</b>	124,17	5,91	96	145	49	SI
<b>Espigas/planta</b>	82,33	29,85	19	181	162	SI
<b>Largo espigas (cm)</b>	33,07	4,28	23,2	42,60	19,4	SI
<b>Espiguillas/espiga</b>	29,88	3,43	21	40,8	19,8	SI
<b>Peso semillas (g)</b>	19,42	15,43	0,70	73	72,3	No. Se aplicó log10
<b>Peso mil semillas (g)</b>	3,43	0,60	1,9	5,10	3,2	SI

\*Los histogramas correspondientes a cada variable se encuentran presentados en la sección "ANEXO: Anexo A: Distribución de los datos localidad Concepción del Uruguay (Figuras 49-57)"

De acuerdo a la información presentada en la tabla 6, la media de la variable **Altura de la planta** fue de 35,29 cm, con un desvío estándar de 8,37 cm. La variable registró un valor mínimo de 15 cm y un máximo de 70 cm. Por otro lado, el valor medio para el **Número de macollos** (único conteo) fue de 47,82, con un desvío estándar de 8,37 macollos. El valor mínimo detectado para la variable fue de 6 macollos, mientras que el máximo fue de 130 macollos. La media para el **Peso seco de planta** fue de 6,04 gramos, con un desvío

estándar de 2,55 gramos. Se registró un valor mínimo y un valor máximo de 1,5 y 16 gramos, respectivamente. Así mismo, la variable **Días a inicio de floración** presentó un valor medio de 124,17 días, con un desvío estándar de 5,91 días. Los mínimos y máximos registrados para la variable fueron de 96 y 145 días, respectivamente.

Por otra parte, la media para la variable **Espigas por planta** fue de 82,33, con un desvío estándar de 29,85 espigas. Se registró un valor mínimo de 19 espigas y un valor máximo de 181 espigas. El valor medio para la variable **Largo de espigas** fue de 33,07 cm, con un desvío estándar de 4,28 cm. Se observaron valores mínimos y máximos de 23,2 cm y 42,6 cm, respectivamente. Además, la media para la variable **Espiguillas por espiga** fue de 29,88, con un desvío de 3,43 espiguillas. Los valores mínimos y máximos registrados fueron 21 y 40,8 espiguillas, respectivamente. La variable **Peso de semillas** presentó una media de 19,42 gramos por planta, con un desvío de 15,43 gramos. El valor mínimo registrado fue de 0,7 gramos, mientras que el valor máximo resultó de 73 gramos. Finalmente, el valor medio para el **Peso de mil semillas** fue de 3,43 gramos, con un desvío de 0,6 gramos. Los valores mínimos y máximos registrados fueron de 1,9 y 5,10 gramos, respectivamente (Tabla 6).

De acuerdo a lo observado en la tabla 6, los datos de las variables siguieron una distribución normal, excepto aquellos pertenecientes a la variable Peso de semillas.

#### 4.2. VALORES MEDIOS EN CARACTERES EVALUADOS EN 19 FAMILIAS DE MEDIO HERMANOS (FMH)

##### 4.2.1. Valores medios en caracteres evaluados en 19 FMH para dos localidades: Pergamino y Concepción del Uruguay.

Los valores medios para cada variable en las 19 Familias de Medio Hermanos (FMH) tomando a las dos localidades en conjunto, se exponen a continuación (Tabla 7) (Ver también ANEXO B, Figuras 32 a 39), así como también las similitudes o diferencias entre ellas, a través de las letras asignadas de acuerdo al test LSD Fisher. Las familias que presentan letras en común (para una misma variable) no registraron diferencias significativas entre ellas.

Tabla 7: Valores medios para caracteres evaluados en FMH y similitudes o diferencias entre las familias a través de test LSD Fisher, en 2 ambientes: Pergamino y Concepción del Uruguay

FMH	Altura planta (cm)	Nro de macollos	Días a inicio de floración	Espigas/planta	Largo espigas (cm)	Espiguillas/ espiga	Peso semillas (g)	Peso mil semillas (g)
F1	22,17 CDE	23,44 AB	119,34 G	55,45 BCD	31,37 AB	28,62 ABC	6,6 ABC	3,27 ABC
F2	24,17 ABCD	20,4 ABCD	125,61 AB	57,47 BCD	28,88 DEFGH	26,41 EFGH	3,31 EF	2,87 EF
F3	21,42 DE	19,9 ABCD	122,59 ABCDEF	67,94 B	31,02 BCD	27,28 BCDE	5,24 ABCDE	3,16 ABCDE
F4	22,30 CDE	19,05 ABCDE	121,53 CDEFG	56,01 BCD	27,64 FG	26,84 DEFG	4,26 BCDEF	3,30 ABC
F5	24,86 ABC	20,89 ABC	122,06 BCDEFG	53,44 CD	29,19 CDEFG	26,67 DEF	3,98 CDEF	3,44 A
F6	22,23 CDE	22,9 ABCD	119,49 G	53,02 BCD	28,12 EFGH	26,65 DEFG	4,26 BCDEF	3,33 ABC
F7	25,54 ABC	19,4 ABCDE	120,86 DEFG	62,43 BC	33,45 A	28,77 ABCD	6,6 ABC	3,36 ABC
F8	22,46 CDE	17,37 ABCDEF	125,87 A	58,22 BCD	29,70 BCDE	30,44 A	4,17 BCDEF	3,02 CDE
F9	20,86 E	19,05 ABCDE	124,42 ABCD	46,33 D	26,65 GH	27,63 BCDE	3,63 DEF	3,01 CDEF
F10	25,98 A	21,3 ABC	119,94 FG	56,20 BCD	27,54 FGH	25,06 FGHI	4,26 BCDEF	3,35 ABC
F11	21,95 CDE	16,6 BCDEF	122,36 BCDEF	60,39 BC	27,25 GH	25,87 EFGH	4,17 BCDEF	3,10 ABCDE
F12	23,08 ABCDE	17,8 ABCDEF	124,61 ABC	66,46 B	27,66 FGH	25,28 FGHI	3,89 CDEF	3,09 BCDE
F13	22,44 CDE	19,05 ABCDE	123,80 ABCDE	63,30 BC	28,96 CDEFG	28,79 AB	6,76 AB	3,10 BCDE
F14	26,12 A	25,1 A	119,75 FG	66,10 B	28,72 DEFGH	27,81 BCDE	4,67 ABCDEF	2,76 F
F15	23,99 ABCDE	13,5 EF	120,47 EFG	59,88 BCD	27,56 GH	23,78 I	4,07 BCDEF	3,17 ABCDE
F16	23,48 ABC	22,9 ABC	120,54 EFG	81,10 A	29,80 BCDEF	29,74 ABC	7,76 A	3,24 ABCD
F17	23,48 ABCDE	14,8 DEF	121,06 EFG	57,17 BCD	31,21 ABC	28,79 ABC	6,16 ABCD	3,39 AB
F18	22,66 BCDE	16,2 CDEF	125,35 AB	55,87 BCD	26,66 H	24,78 GHI	3,02 F	2,77 F

F19	25,00	12,9	123,20	54,53	29,57	27,57	4,17	2,95
	ABC	F	ABCDE	BCD	CDEFG	BCDE	BCDEF	DEF

### Altura de la planta

De acuerdo a lo observado en la tabla 7, la familia que presentó el mayor valor de media para Altura de la planta fue la familia F14, alcanzando los 26,12 cm, aunque sin diferencias significativas con las familias F10, F7, F19, F5, F16, F2, F15, F17 y F12.

Por otro lado, la familia con menor valor de media fue la familia F9, presentando un valor de 20,86 cm. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas con las familias F15, F17, F12, F18, F8, F13, F4, F6, F1, F11 y F3.

### Número de macollos

Teniendo en cuenta la información de la tabla 7, la familia con mayor valor de media para esta variable fue la familia F14, con una media de 25,1 macollos. Sin embargo, no presentó diferencias significativas con un gran grupo de familias comprendido por F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F9, F10, F12, F13 y F16.

Por otro lado, la familia con menor valor para esta variable fue la familia F19, con una media de 12,9 macollos. Otras familias presentaron un comportamiento similar, sin diferencias significativas con ella: F12, F18, F17, F15, F11 y F8.

### Días a inicio de floración

Se puede observar, a través de la información expuesta en la tabla 7, que las familias con menores valores de media para la variable "Días a inicio de floración" fueron las familias F6 y F1, con valores de 119,46 días y 119,34 días, respectivamente. Estas familias presentaron la mayor precocidad, aunque sin diferencias significativas con las familias F5, F11, F4, F7, F17, F15, F16, F10 y F14.

La familia con el mayor valor de media fue la familia F8, con una media de 125,87 días. Presentó la mayor cantidad de días para florecer entre todas las familias estudiadas, aunque sin diferencias significativas con las familias F2, F18, F12, F9, F13 y F19.

### Espigas por planta

De acuerdo a la información presentada en la tabla 7 para esta variable, es evidente que la familia con mayor valor de media para la variable fue la familia F16, con un valor de 81,10 espigas por planta, presentando diferencia significativa con el resto de las familias.

En el otro extremo se encontró la familia F9, con una media de 49,33 espigas por planta, constituyendo de esta forma la familia con menor valor para esta variable, pero sin diferencias significativas con las familias F15, F8, F4, F2, F18, F17, F1, F10, F19, F6 y F5.

### Largo de espigas

Teniendo en cuentas los valores de la tabla 7, se puede afirmar que la familia con el mayor valor de media de Largo de espigas (33,45 cm) fue la familia F7. Esta familia presentó diferencias significativas con la mayoría de las familias, excepto con las familias F1 y F17.

Se observa que la familia con menor valor de media (26,66 cm) para la variable Largo de espigas fue la F18, aunque no presentó diferencias significativas con las familias F2, F14, F6, F10, F12, F15, F4, F11 y F9.

### Espiguillas por espiga

En base a la información expuesta en la tabla 7, es posible afirmar que la familia con mayor valor de media de Espiguillas por espiga fue la familia F8, con un valor medio de 30,44 espiguillas. Sin embargo, su media no presentó diferencias significativas con las medias de las familias F13, F17, F1, F16 y F7. La familia F15 presentó el menor valor de media para la variable, con 23,78 espiguillas por espiga. Esta familia presentó diferencias significativas con la mayoría de las familias, excepto con las familias F18, F10 y F12.

### Peso de semillas

Teniendo en cuenta la información expuesta en la tabla 7 para esta variable, se puede afirmar que la familia con mayor valor de media en el Peso de semillas fue la familia F16,

con 7,7 g. No presentó diferencias significativas con las familias F13, F7, F1, F17, F3 y F14.

La familia F18 se presentó como aquella de menor media en el valor del peso de semillas, con 3,02 gramos. Un grupo considerable de familias presentó valores superiores de peso de semillas, pero sin diferencia significativa con la familia F18. Estas familias fueron la F2, F9, F12, F5, F15, F10, F8, F19, F11, F6, F4 y F14.

#### Peso de mil semillas

Se puede observar, en base a los valores presentados en la tabla 7, que el grupo con mayor media de Peso de mil semillas incluyó a las familias F5, F17, F7, F10, F6, F4, F1, F16, F15 y F3, sin diferencias significativas entre ellas. La familia F5 presentó la mayor media para la variable en estudio, con un valor de 3,44 gramos.

Por otro lado, las familias F14, F18, F2, F19, F9 y F8 presentaron el menor valor de media para el Peso de mil semillas sin diferencias significativas entre ellas, siendo la familia F14 la de menor valor de media (2,76 gramos).

#### 4.2.2. Valores medios en caracteres evaluados en 19 FMH para localidad de Pergamino

A continuación, se presentan los valores medios de cada caracter evaluado para las 19 FMH, y las letras que evidencian similitudes o diferencias entre las familias, asignadas según el test LSD Fisher, en la localidad de Pergamino (Tabla 8) (Ver también ANEXO B, figuras 40 a 48). Las familias que comparten letra (para una misma variable) no presentaron diferencias significativas entre sí.

Tabla 8: Valores medios para caracteres evaluados en FMH y similitudes o diferencias entre familias según test LSD Fisher, en localidad de **Pergamino**.

FMH	Altura (cm)	Macoll os 1	Macollo s 2	Días a floración	Espigas/planta	Largo espigas (cm)	Espiguilla s/espigas	Peso semillas (g)	Peso mil semillas (g)
F1	12,4 BC	11,75 AB	38,02 AB	118,12 DE	38,22 BCDEF	27,18 AB	25,06 ABC	2,24 AB	2,96 AB

F2	10,0 DE	8,51 ABCDE	22,9 BCD	121,8 ABCD	32,20 CDEF	25,62 ABCD	23,82 CDEFG	1,32 BCD	2,67 BCD
F3	10,6 CDE	11,75 AB	37,15 AB	119 CDE	43,77 ABC	27,74 A	24,44 BCDE	1,9 ABC	3,03 AB
F4	10,0 DE	8,13 BCDE	27,54 ABCD	119,45 BCDE	39,83 BCDE	24,92 ABCDEF	24,53 BCDE	1,86 ABCD	3,08 A
F5	13,2B	12,02 AB	22,39 BCD	119,57 BCDE	32 CDEF	25,07 ABCDEF	24,14 CDEF	1,12 CD	2,94 ABC
F6	10,4 CDE	13,45 A	28,18 ABCD	119,67 ABCDE	43,84 ABC	24,6 ABCDEF	25,32 ABCD	1,82 ABC	2,96 AB
F7	11,8 BCDE	7,24 BCDEF	38,02 AB	119,60 ABCDE	38,77 BCDEF	27,65 AB	23,83 CDEFG	1,86 ABCD	2,95 ABC
F8	11,4 BCDE	8,32 BCDE	26,30 ABCD	123,4 AB	30 DEF	23,87 CDEF	27,07 A	1,07 CD	2,56 CD
F9	10,8 CDE	11,75 AB	34,67 AB	121,53 ABCD	20,97 DEF	22,12 F	24,13 CDEF	1,51 BCD	2,69 BCD
F10	12 BCDE	9,12 ABCDE	25,12 BCD	119,64 ABCDE	27,42 F	22,18 EF	21,11 H	1,41 BCD	3,04 AB
F11	11,1 BCDE	7,41 BCDEF	28,18 ABCD	121,15 ABCD	33 CDEF	23,84 CDEF	23,48 DEFG	1,35 BCD	2,84 ABC
F12	11,8 BCDE	4,78 F	19,50 CD	123,98 A	32,98 CDEF	24,02 CDEF	21,97 FGH	1,2 BCD	2,92 ABC
F13	12,2 BC	8,71 ABCDE	32,36 ABC	120,42 ABCDE	42,21 BCD	23,95 CDEF	25,77 ABCD	2,34 AB	2,98 AB
F14	15,6 A	10,47 ABCD	26,30 ABCD	118,56 DE	46,53 AB	25,22 ABCDE	25,96 ABC	1,66 ABCD	2,41 D
F15	12,6 BC	7,08 CDEF	26,30 ABCD	116,42 E	46,17 AB	24,28 BCDEF	21,22 GH	2,09 ABC	3,04 AB
F16	12,1 BCD	11,22 ABC	43,65 A	119,48 BCDE	54,9 A	26,46 ABC	26,79 AB	3,09 A	3,07 A
F17	11,2 BCDE	4,67 F	26,30 ABCD	120,1 ABCDE	38,93 BCDEF	25,75 ABCD	26,27 ABC	2,14 ABC	3,12 A
F18	9,92 E	6,92 DEF	18,20 D	122,73 ABC	28,93 EF	23,35 DEF	22,38 EFGH	0,89 D	2,46 D
F19	11,4 BCDE	5,75 EF	16,59 D	123,9 A	30,07 DEF	25,73 ABCD	26,27 AB	1,12 CD	2,57 CD

Altura de la planta

De acuerdo a lo observado en la tabla 8, se puede afirmar la presencia de un solo genotipo superior en relación a esta característica, que fue la familia F14, con una media de Altura de la planta de 15,6 cm. Presentó diferencias significativas con todas las familias restantes.

Por otro lado, las familias con comportamiento inferior en relación a este carácter fueron las siguientes: F18, F2, F4, F6, F3, F9, F11, F17, F8, F19, F7, F12 y F10, aunque sin diferencias significativas entre sí. La familia F18 presentó el menor valor de Altura de la planta, con una media de 9,92 cm.

### Número de macollos 1

Analizando la tabla 8 se puede observar un gran grupo de familias con comportamiento superior en relación a la cantidad de macollos del primer conteo. Este grupo se encuentra formado por las familias F6, F5, F9, F1, F3, F16, F14, F10, F13 y F2, sin diferencias significativas entre ellas. La familia F6 presentó el mayor valor de número de macollos, con una media de 13,45 macollos (valor antilog).

Los genotipos de comportamiento inferior incluyeron a las familias F17, F12, F19, F18, F15, F7 y F11, sin diferencias significativas entre sí, presentando la familia F17 una media de 4,67 macollos (valor antilog).

### Número de macollos 2

De acuerdo a la información presentada en la tabla 8, se aprecia un grupo de familias que presentaron un buen comportamiento en relación a la cantidad de macollos medidos durante el segundo conteo. El grupo incluye a las familias F16, F7, F1, F3, F9, F13, F11, F6, F4, F15, F8, F17 y F14. La familia F16 presentó el mayor valor, con una media de 43,65 macollos (valor antilog), pero sin diferencias significativas con el resto de las familias del grupo mencionado.

Por otra parte, la familia F19 expresó el valor más bajo, con una media de 16,59 macollos (valor antilog). Sin embargo esta familia sólo presentó diferencias significativas con las familias F16, F7, F1, F3, F9 y F13.

### Días a floración

Considerando los valores presentados en la tabla 8, se puede observar un grupo de familias de comportamiento superior (para esta variable fueron aquellas con menor valor de media), siendo las mismas las más precoces en la floración. El grupo incluye a las familias F15 (con una media de 116,42 días para alcanzar la floración), F1, F14, F3, F4, F16, F5, F7, F10, F6, F17 y F13, sin diferencias significativas entre sí.

Se puede mencionar a las familias F12 y F19 como las familias con mayor valor de media de días para la floración, presentando valores de 123,98 días y 123,90 días respectivamente. Sin embargo, no presentaron diferencias significativas con un gran grupo de familias de comportamiento intermedio.

### Espigas por planta

De acuerdo a lo observado en la tabla 8 en relación a esta variable, se puede identificar un grupo de familias conformado por las familias F16, F14, F15, F6 y F3 que presentaron un comportamiento superior respecto al resto de las familias y sin diferencias significativas entre sí. La familia F16 presentó el mayor valor, con una media de 54,9 espigas por planta.

En el extremo opuesto, se puede distinguir un gran grupo de familias que presentaron un comportamiento inferior para la variable (F10, F18, F8, F19, F9, F5, F2, F12, F11) sin diferencias significativas entre sí. La familia F10 presentó el menor valor, con una media de 27,42 espigas por planta. Las familias F1, F7, y F17 no presentaron diferencias significativas con F10, pero demostraron un comportamiento intermedio.

### Largo de espigas

Teniendo en cuenta la información de la tabla 8, si bien se puede identificar a la familia F3 como aquella de mejor comportamiento en relación a la variable, con una media en el largo de espigas de 27,74 cm, no fue posible hallar diferencia significativa con respecto al resto de las familias, excepto con las familias F15, F12, F13, F11, F8, F18, F10 y F9. Este último grupo se presentó como aquel de comportamiento inferior en relación a la variable

y sin diferencias significativas entre las familias que lo conforman. La familia F9 expresó el menor valor, con una media de 22,12 cm de largo de espigas.

#### Espiguillas por espiga

De acuerdo a lo observado en la tabla 8, es posible afirmar que las familias F8, F16, F19, F17, F14, F13, F6 y F1 presentaron los mayores valores de medias en relación a la variable, pero sin diferencias significativas entre ellas. La familia F8 alcanzó el mayor valor, con una media de 27,07 espiguillas por espiga.

Por otro lado, es posible identificar un pequeño grupo de familias que evidencia los valores más bajos en relación a la variable. Las familias F10, F15, F12 y F18 se encuentran incluidas dentro de este grupo, sin diferencias significativas entre sí. La familia F10 presentó el menor valor, con una media de 21,11 espiguillas por espiga.

#### Peso de semillas

En la tabla 8 se puede observar que la familia F16 presentó el mayor valor para la variable Peso de semillas, con una media de 3,09 gramos (valor antilog), aunque esta familia no demostró diferencias significativas con el resto, excepto con las familias F9, F10, F11, F2, F12, F5, F19, F8 y F18. Este último grupo de familias presentó los menores valores para la variable, aunque sin diferencias significativas entre sí. La familia F18 expresó el menor valor, con una media de 0,89 gramos (valor antilog).

#### Peso de mil semillas

En base a la información presentada en la tabla 8, es posible afirmar que la familia F17 presentó el mayor valor para la variable en análisis, con una media de 3,12 gramos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas con el resto de las familias, excepto con las familias F9, F2, F8, F19, F18 y F14. Este último grupo alcanzó los menores valores de media para la variable, aunque sin diferencias significativas entre sí. La familia F14 presentó el menor valor, con una media de 2,41 gramos.

#### 4.2.3. Valores medios en caracteres evaluados en 19 FMH para localidad de Concepción del Uruguay.

A continuación, se presentan los valores medios de cada Familia de Medio Hermanos (FMH) para las variables estudiadas, juntos con las similitudes o diferencias existentes entre ellas en función de los resultados obtenidos del test LSD Fisher, en la localidad de Concepción del Uruguay (Tabla 9) (Ver también ANEXO B, figuras 49 a 57). Las familias que comparten alguna letra (para un mismo carácter) no presentaron diferencias significativas entre sí.

Tabla 9: Valores medios de caracteres evaluados en FMH y similitudes o diferencias entre familias según test LSD Fisher, en localidad de **Concepción del Uruguay**.

Variable	Altura planta (cm)	Nro macollos	Peso seco (g)	Días a floración	Nro Espigas	Largo Espigas (cm)	Espiguilla/ espigas	Peso Sem. (g) (antilog)	Peso mil Sem (g)
F1	32,16 CDE	46,27 BCDEFG	6,40 BCD	120,58 DE	69,25 CDE	35,32 BCD	32,13 AB	17,78 ABC	3,7 ABC
F2	38,32 ABCD	53,9 ABCDE	8,38 AB	128,97 A	85,17 ABCDE	31,56 EF	29,01 CDEF	9,55 BCD	3,19 CDE
F3	31,57 DE	39,6 DEFG	5,84 CDE	125,67 ABCD	92,75 ABC	33,95 BCDE	30,0 BCDE	14,45 ABCD	3,27 BCDE
F4	34,18 ABCDE	42,83 CDEFG	4,71 DE	124,42 ABCDE	67,42 CDE	29,68 F	29,1 CDEF	7,76 CD	3,52 ABCDE
F5	36,61 ABCDE	39,58 DEFG	5,83 CDE	124,58 ABCDE	73,58 CDE	33,45 BCDE	29,10 CDEF	14,45 ABCD	3,88 A
F6	33,42 ABCDE	45,44 BCDEFG	5,06 CDE	119,33 E	62,23 E	31,31 EF	27,83 EF	9,77 BCD	3,67 ABCD
F7	38,53 ABC	59,75 ABC	8,47 A	122,03 CDE	86,17 ABCDE	38,89 A	33,52 A	23,99 A	3,84 A
F8	33,41 BCDE	41,11 BCDEFG	6,05 CDE	128,51 A	87,98 ABCDE	35,84 AB	33,11 A	16,6 ABC	3,51 ABCDE
F9	30,93 E	32,56 FG	4,30 E	126,89 ABC	63,22 DE	32,96 BCDEF	31,02 ABCD	7,58 CD	3,36 ABCDE
F10	40,27 A	56,17 ABCD	5,88 CDE	120,67 DE	83,58 ABCDE	32,47 CDEF	28,59 DEF	16,22 ABC	3,78 AB
F11	32,85 BCDE	45,34 BCDEFG	6,25 BCDE	123,08 BCDE	92,14 ABCD	30,82 EF	28,68 CDEF	12,3 ABCD	3,39 ABCDE
F12	35,68 ABCDE	68,33 A	5,19 CDE	124,77 ABCD	101,3 AB	31,51 EF	29,02 CDEF	14,12 ABCD	3,35 ABCDE

F13	31,89 CDE	48,65 ABCDEFGFG	5,92 CDE	127,93 AB	82,25 ABCDE	33,22 BCDE	31,47 ABC	15,49 ABC	3,15 DE
F14	36,79 ABCDE	63,78 AB	6,61 ABCD	121,11 DE	85,11 ABCDE	32,43 CDEF	29,92 BCDE	13,8 ABCD	3,1 E
F15	31,4 DE	29,27 G	4,07 E	125,78 ABCD	80,80 ABCDE	30,59 EF	26,8 F	6,92 D	3,21 CDE
F16	36,39 ABCDE	50,79 ABCDEF	6,98 ABC	121,69 CDE	107,11 A	32,63 CDEF	30,44 BCDE	19,05 AB	3,43 ABCDE
F17	34,31 ABCDE	53,86 ABCDE	5,85 CDE	122,94 BCDE	70,75 CDE	35,62 ABC	30,89 ABCD	15,84 ABC	3,53 ABCDE
F18	35,94 ABCDE	41,6 CDEFG	5,85 CDE	127,89 AB	84,82 ABCDE	29,54 F	26,97 F	10,47 BCD	3,05 E
F19	40,04 AB	34,33 EFG	5,43 CDE	121,19 CDE	75,67 BCDE	31,84 DEF	28,53 DEF	11,75 ABCD	3,32 ABCDE

### Altura de la planta

De acuerdo a lo observado en la tabla 9, la familia F10 presentó el mayor valor de media para esta variable (40,27 cm), aunque sin diferencias significativas con la mayoría de las familias, excepto con las familias F8, F11, F1, F13, F3, F15 y F9.

La familia con menor valor de media para esta variable fue la familia F9, con un valor de 30,93 cm, sin embargo no presentó diferencia significativa con la mayoría de las familias, aunque sí con las familias F10, F19, F7 y F2.

### Número de macollos

En función de lo observado en la tabla 9, es posible afirmar que la familia F12 presentó el mayor valor de media para esta variable (68,33 macollos). Esta familia no presenta diferencias significativas con las familias F14, F7, F10, F2, F17, F16 y F13.

Por otro lado, la familia F15 se presenta como la familia de inferior comportamiento en relación a este carácter, con un valor de media de 29,77 macollos. Sin embargo, un gran grupo de familias no presentó diferencias significativas con esta familia. El grupo está formado por las familias F13, F1, F6, F11, F4, F18, F8, F3, F5, F19 y F9.

### Peso seco de la planta

En base a la información presentada en la tabla 9, se observa que las familias con mejor comportamiento para el Peso seco de la planta fueron las familias F14, F16, F2 y F7, siendo esta última la mejor dentro del grupo con un valor de media de 8,47 gramos, aunque sin diferencia significativa con las otras.

En el extremo opuesto se encuentra la familia F15, cuyo valor de media fue el más bajo entre todas las familias, alcanzando un número de 4,07 gramos. De todas maneras, no presentó diferencias significativas con la mayoría de las familias, excepto con aquellas de comportamiento superior mencionadas en el párrafo anterior (F7, F2, F16, F14) y con la familia F1.

### Días a floración

De acuerdo a la tabla 9, se observa que la familia con mejor comportamiento para esta variable fue la familia F6, con una media de días a inicio de floración de 119,33 días, mientras que la familia de inferior comportamiento fue la familia F2, con un valor de media para el inicio de floración de 128,97 días.

Sin embargo, la familia F6 no presentó diferencias significativas con las familias F5, F11, F4, F17, F7, F16, F19, F14, F10 y F1.

Por otro lado, la familia F2 no demostró tener diferencias significativas con las familias F8, F13, F18, F9, F15, F3, F12, F5 y F4.

### Espigas por planta

En función de los resultados presentados en la tabla 9, se observa un grupo de familias con comportamiento superior para la variable, entre las cuales se encuentran, en orden ascendente de valor de media, las familias F15, F13, F10, F18, F14, F2, F7, F8, F11, F3, F12 y F16. Esta última fue la familia con el valor más alto de media de Espigas por planta, alcanzando un número de 107,11 espigas. Sin embargo, no presentó diferencias significativas con el resto de las familias mencionadas.

En el otro extremo, la familia F6 presentó el menor valor de media para la variable, con 62,63 espigas por planta. Esta familia sólo demostró tener diferencias significativas con las familias F16, F12, F3 y F11.

### Largo de espigas

De acuerdo a la información presentada en la tabla 9, se puede observar que la familia F7 presentó el mayor valor de media de Largo de espigas, alcanzando un número de 38,89 cm. Esta familia presentó un comportamiento similar con las familias F8 y F17, además de demostrar diferencias significativas con el resto de las familias estudiadas.

Por otro lado la familia F18 presentó el menor valor de media para el Largo de espigas, con 29,54 cm. Esta familia demostró tener diferencias significativas con las familias F13, F5, F3, F1, F17, F8 y F7.

### Espiguillas por espiga

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 9, se puede observar que la familia F7 presentó el mejor comportamiento, con un valor de media de 33,52 espiguillas por espiga. Sin embargo, otras familias tuvieron un buen comportamiento sin diferencias significativas con la familia F7. Estas familias fueron F8, F1, F13, F9 y F17.

En el extremo opuesto, se puede encontrar a la familia F15, con un valor de media de 26,8 espiguillas por espigas. Esta familia, que demostró tener el comportamiento inferior para la variable, no presentó diferencias significativas con las familias F18, F6, F19, F10, F11, F2, F12, F4 y F5.

### Peso de semillas

En base a lo observado en la tabla 9, la familia F7 presentó el mejor comportamiento en relación a la variable, con una media de 23,99 gramos (valor antilog). Sin embargo esta familia no demostró tener diferencias significativas con la mayoría de las familias, pero sí las presenta con las familias F18, F6, F2, F4, F9 y F15.

En el otro extremo, la familia F15 alcanzó el valor más bajo de media, con 6,92 gramos (valor antilog). El comportamiento de esta familia no presentó diferencias significativas con las familias F5, F3, F12, F11, F14, F19, F18, F6, F4 y F9.

### Peso de mil semillas

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 9, la familia con mejor comportamiento para la variable fue la familia F5, con una media de 3,88 gramos cada mil semillas. Sin embargo no presentó diferencias significativas con el resto de las familias, excepto con las familias F3, F15, F2, F13, F14 y F18.

Por otro lado, la familia F18 fue aquella que demostró tener el valor más bajo de media para esta variable, con 3,05 gramos cada mil semillas. Sólo las familias F5, F7, F10, F1 y F6 presentaron diferencias significativas con la familia F18.

### 4.3. PARÁMETROS GENÉTICOS EN CARACTERES EVALUADOS EN 19 FAMILIAS DE MEDIO HERMANOS (FMH)

#### 4.3.1. Parámetros genéticos en caracteres evaluados en 19 FMH a través de la Interacción genotipo por ambiente

Se presentan a continuación los valores de los parámetros genéticos estimados tomando a las dos localidades en conjunto, así como los p-valores asociados a las diferentes fuentes de variación del ANOVA: Interacción genotipo por ambiente (IGA) y Familia de Medio Hermanos (FMH) (Tabla 10).

Tabla 10: Parámetros genéticos (Varianza de familias, Varianza interacción, Varianza del error, Varianza fenotípica y Heredabilidad en sentido estricto PFM) y p-valor asociado IGA y FMH en caracteres evaluados – 2 ambientes

Parámetro genético	Altura de planta	Número de macollos	Días a floración	Espigas/planta	Largo de espigas	Espiguillas por espiga	Peso de semillas	Peso de mil semillas
p-valor FMH	0,00138	0,0013	<0,0001	0,003	<0,0001	<0,0001	0,007	<0,0001
p-valor IGA	0,3375	0,0002	0,1877	0,0364	0,1618	0,1492	0,493	0,441
Varianza familias	$1,6 \cdot 10^{-3}$		11,05		7,798	9,04	0,0266	0,11
Varianza FMH*Loc	$3,3 \cdot 10^{-3}$		2,82		1,74	1,11	$-3,3 \cdot 10^{-3}$	0
Varianza del error	0,001		28,88		15,60	9,31	0,15	1,02

Varianza PFM	4,36.10 <sup>-3</sup>		17,27		11,27	11,14	0,04995	0,157
Heredabilidad (h <sup>2</sup> PFM)	0,37		0,64		0,69	0,81	0,53	0,70
Ganancia genética	1,2 cm		0,69 días		1,06 cm	0,97 espiguillas	1,5 gramos	0,09 gramos

De acuerdo a lo observado en la tabla 10, los p-valores asociados a las FMH fueron menores a 0,05 en todas las variables, lo cual es un indicador de que existen diferencias significativas entre las FMH.

En relación a la IGA, en general no se observaron p-valores significativos (menores a 0,05) en las variables, excepto para “Número de macollos” y “Espigas por planta” (0,0002 y 0,0364, respectivamente), lo cual es un indicador de la presencia de Interacción genotipo por ambiente para estos caracteres. Entendiendo que los genotipos se comportan de manera diferente dependiendo del ambiente en el que se encuentren para estas variables, los parámetros genéticos se analizaron en cada localidad por separado.

#### Altura de la planta

De acuerdo a los valores presentados en la tabla 10, la heredabilidad para la variable en estudio fue de 0,37. Por lo tanto, el 37% de la variación en los valores de altura de la planta se debió a factores genéticos, mientras que el 63% lo hizo por cuestiones ambientales.

La ganancia genética para la variable fue de 1,2 cm. Esto implica que por cada ciclo de selección, la altura de la planta aumentaría en 1,2 cm si se seleccionara a las familias de comportamiento superior.

#### Días a inicio de floración

La heredabilidad para esta variable alcanzó el valor de 0,64, lo que indica que el 64% de la variabilidad en la cantidad de días a floración entre las familias se debió a factores genéticos, mientras que el 36% se debió a factores no genéticos, o ambientales (Tabla 10).

El valor de ganancia genética expresó una disminución de 0,69 días para alcanzar la floración por cada ciclo de selección que se aplique, habiendo seleccionado las familias con menores valores de media para la variable.

### Largo de espigas

En base a los resultados expuestos en la tabla 10, la heredabilidad del Largo de espigas alcanzó un valor de 0,69. Esto significa que el 69% de la variación de los datos se debió a factores genéticos, mientras que el 31% se debió a factores no heredables.

El valor de ganancia genética expresó un valor de 1,06 cm. Así, por cada ciclo de selección que se aplique a futuro habiendo seleccionado las familias de comportamiento superior, se aumentaría el largo de espigas en 1,06 cm.

### Espiguillas por espiga

Se puede observar en la tabla 10 que la heredabilidad alcanzó un valor de 0,81 para la variable en estudio. Esto significa que el 81% de la variación de los datos se debió a factores genéticos, es decir, es heredable; mientras que el 19% de la variación respondió a factores no heredables.

El valor de ganancia genética expresó un aumento de 0,97 espiguillas. Así, por cada ciclo de selección que se aplique al material tomando a las mejores familias, se aumentarían los valores de producción en 0,97 espiguillas por espiga.

### Peso de semillas

De acuerdo a los resultados disponibles en la tabla 10, la heredabilidad presentó un valor de 0,53 para la variable en estudio. Por lo tanto, el 53% de la variación en el peso de las semillas entre los genotipos se debió a cuestiones genéticas, y el 47% a causas ambientales.

El valor de ganancia genética fue de 1,5 gramos. Esto significa que el rendimiento por planta aumentaría en 1,5 gramos por cada ciclo de selección de las familias con mejor comportamiento.

### Peso de mil semillas

La heredabilidad presentó un valor de 0,70 (Tabla 10), lo que indica que el 70% de la variación en el peso de mil semillas entre las familias se debió a factores genéticos, y por lo tanto, heredables. Como contrapartida, el 30% de la variación de los datos respondió a factores no heredables.

La ganancia genética presentó un valor 0,09 gramos (Tabla 10), lo que indica que con cada ciclo de selección se aumentaría en ese valor el peso de mil semillas, habiendo seleccionado las familias con mayores valores para la variable.

#### 4.3.2. Parámetros genéticos en caracteres evaluados en 19 FMH a través de la selección familiar y selección individual en Pergamino.

Se puede observar en la tabla 11 los valores de los parámetros genéticos estimados en la localidad de Pergamino y el p-valor asociado a las Familias de Medio Hermanos (FMH), para la selección familiar. Por otro lado, en la tabla 9 se presentan los valores de los parámetros genéticos estimados para la selección individual o por plantas.

Tabla 11: Parámetros genéticos (Varianza familiar, Varianza del error entre parcelas (B), Varianza del error dentro de parcelas (W), Varianza fenotípica y heredabilidad en sentido estricto PFM) y p-valor asociado a las FMH en selección familiar - Pergamino

Selección familiar									
Variable	Altura planta	Número macollos 1	Número macollos 2	Días a floración	Espigas/ Planta	Largo espigas	Espig/ espiga	Peso semillas	Peso mil semillas
p-valor FMH	0,0001	<0,0001	0,0165	0,0206	0,0002	0,0124	<0,0001	0,0523	0,0001
Varianza familiar	0,628	0,01	4.10 <sup>-3</sup>	1,70	31,862	0,79	2,16	6,6.10 <sup>-3</sup>	0,0133
Varianza B	1,478	6.10 <sup>-3</sup>	4.10 <sup>-3</sup>	0	0	0,776	0,132	0	0,04
Varianza W	8,76	0,08	0,09	29,42	258,10	16,07	9,66	0,16	0,21
Varianza pfm	1,704	0,0173	0,01133	3,66	49,07	2,12	2,848	0,0172	0,041
h <sup>2</sup> pfm	0,37	0,58	0,35	0,46	0,65	0,37	0,76	0,38	0,32
Ganancia genética	0,40 cm	1,53 macollos	1,5 macollos	0,62 días	3,78 espigas	0,45 cm	0,87 espiguillas	1,03 gramos	0,04 gramos

Es posible afirmar que existen diferencias significativas entre las FMH para todas las variables en estudio, de acuerdo a los p-valores observados en la tabla 11, excepto para la variable “peso de semillas”, aunque en un valor límite (p-valor: 0,0523).

Tabla 12: Parámetros genéticos (Varianza aditiva, Varianza fenotípica y heredabilidad en sentido estricto) en selección individual o de plantas - Pergamino

Selección plantas									
Variable	Altura planta	N°mac 1 (log)	N°mac 2 (log)	Días a flor	Espigas/planta	Largo espigas	Espiguillas/espigas	Peso semillas	Pesomil semillas
Varianza aditiva	2,512	0,04	0,016	6,8	127,45	3,16	8,64	0,0264	0,0532
Varianza fenotípica	10,87	0,096	0,096	31,12	289,46	17,64	11,95	0,166	0,263
$h^2$	0,23	0,42	0,17	0,22	0,44	0,18	0,72	0,16	0,20

### Altura de la planta

La heredabilidad para la selección familiar fue de 0,37 (Tabla 11).

Esto significa que el 37% de la variabilidad observada para la característica se debió a elementos heredables, mientras que el 67% respondió a cuestiones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue menor a la obtenida para selección familiar (0,23) (Tabla 12).

La ganancia genética estimada para la selección familiar por ciclo de selección fue de 0,40 cm. (Tabla 11)

### Número de macollos (1°conteo)

El valor de heredabilidad para la selección por familias fue de 0,58 (Tabla 11). Significa que en esta población particular, el 58% de la variación observada en el número de macollos del primer conteo entre las familias se debió a causas genéticas y, por lo tanto, heredables. Un 42% de la variación se debió a causas ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,42 (Tabla 12).

La ganancia genética para la selección familiar fue de 1,53 macollos por ciclo de selección (Tabla 11). Esto implica que al seleccionar las mejores familias se estaría aumentando el número de macollos en 1,5 en la siguiente generación de plantas.

#### Número de macollos (2° conteo)

La heredabilidad para la selección por familias fue de 0,35 (Tabla 11). Esto indica que el 35% de la variación en el número de macollos del segundo conteo entre las familias se debió a causas genéticas, mientras que el 65% respondió a causas ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,17 (Tabla 12).

La ganancia genética para la selección familiar fue de 1,5 macollos (Tabla 11), por lo tanto, se estaría aumentando un total de 1,5 macollos en la generación siguiente de plantas, al seleccionar a las mejores familias.

#### Días a floración

La heredabilidad para la selección familiar presentó un valor de 0,46 (Tabla 11). Esto significa que un 46% de la variación entre las familias en relación a los días a floración se debió a causas genéticas y, por lo tanto, heredables. Un 54% de la variación respondió a cuestiones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,22 (Tabla 12)

La ganancia genética al seleccionar a las familias más precoces para esta variable fue de 0,62 días (Tabla 11). Por lo tanto, se reduciría la cantidad de días a inicio de floración en 0,62 por cada ciclo de selección.

#### Espigas por planta

La heredabilidad en la selección familiar presentó un valor de 0,65 (Tabla 11), lo que significa que el 65% de la variación observada en la cantidad de espigas por planta entre las familias se debió a razones genéticas, mientras que el 35% respondió a cuestiones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,44 (Tabla 12)

La ganancia genética al seleccionar a las familias con valores superiores de Espigas por planta fue de 3,78 espigas por ciclo de selección (Tabla 11).

### Largo de espigas

La heredabilidad para la selección familiar presentó un valor de 0,37 (Tabla 11), indicando que un 37% de la variación entre las familias en relación al largo de las espigas respondió a causas genéticas, mientras que el 63% lo hizo en relación a causas ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,18 (Tabla 12)

La ganancia genética para la selección familiar fue de 0,45 cm (Tabla 11), lo que implica que seleccionando a las familias con mayores valores para la variable, se estaría aumentando el largo de espigas en 0,45 cm por ciclo.

### Espiguillas por espiga

La heredabilidad para la selección por familia fue de 0,76 (Tabla 11), indicando que un 76% de la variación entre las familias en relación a la cantidad de espiguillas por espiga se debió a cuestiones genéticas, y el 24% respondió a razones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,72 (Tabla 12).

La ganancia genética para la selección por familias fue de 0,87 espiguillas por espiga (Tabla 11). Eso significa que seleccionando las familias de comportamiento superior en relación a la variable, se aumentaría en 0,87 espiguillas por espiga en cada ciclo de selección.

### Peso de semillas

La heredabilidad para la selección por familia fue de 0,38 (Tabla 11), indicando que el 38% de la variación en cuanto al peso de semillas entre las familias se debió a cuestiones genéticas, mientras que un 62% lo hizo respondiendo a cuestiones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas es de 0,16 (Tabla 12).

La ganancia genética para la selección por familia fue de 1,03 gramos, lo que significa que al seleccionar a las familias de mayores valores de media en el Peso de semillas se estaría aumentando en 1,03 gramos la producción por planta, por ciclo de selección.

### Peso de mil semillas

La heredabilidad para la selección por familias presentó un valor de 0,32 (Tabla 11), lo que implica que el 32% de la variación entre las familias en relación al peso de mil

semillas se debió a razones genéticas, mientras que el 68% respondió a cuestiones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,22 (Tabla 12)

La ganancia genética para la selección por familias fue de 0,04 gramos (Tabla 11). La selección de las mejores familias generaría un aumento en el peso de mil semillas de 0,04 gramos por planta en la siguiente generación.

#### 4.3.3. Parámetros genéticos en caracteres evaluados en 19 FMH a través de la selección familiar y selección individual en Concepción del Uruguay

Se puede observar en la tabla 13 los valores de los parámetros genéticos estimados en la localidad de Concepción del Uruguay y el p-valor asociado a las FMH, para la selección familiar. Por otro lado, en la tabla 14 se presentan los valores de los parámetros genéticos estimados para la selección individual o por plantas.

Tabla 13: Parámetros genéticos (Varianza familiar, Varianza del error entre parcelas (B), Varianza del error dentro de parcelas (W), Varianza fenotípica y heredabilidad en sentido estricto PFM) y p-valor asociado a las FMH en selección familiar – **Concepción del Uruguay**

Selección familiar									
Parámetro genético	Altura de planta	Número de macollos	Peso seco de planta	Días a floración	Espigas/planta	Largo de espigas	Espiguillas/espiga	Peso semillas (log10)	Peso mil semillas
p-valor FMH	0,267	0,034	0,014	0,0028	0,17	<0,0001	0,0001	0,44	0,104
Varianza Familiar	0	7,37	0,205	2,95	20,66	2,07	1,312	0	0,011
Varianza B	7,92	54,38	0,454	0	0	0,074	0,076	0	0
Varianza W	60,6	491,58	5,36	31,9	888,18	13,74	8,93	0,15	0,34
Varianza pfm	6,68	58,27	0,713	5,08	79,87	3,01	1,93	0,01	0,033
h <sup>2</sup> pfm	0	0,13	0,29	0,58	0,26	0,69	0,68	0	0,33
Ganancia genética	0	1,04 macollos	0,27 gramos	1,15 días	2,34 espigas	1,28 cm	1,03 espiguillas	0	0,06 gramos

De acuerdo a los resultados expuestos en la tabla 13, se observan diferencias significativas entre las FMH para la mayoría de las variables ( $p$ -valores  $< 0,05$ ), excepto para la variable “Altura de la planta” ( $p$ -valor: 0,267) y para la variable “Peso de semillas” ( $p$ -valor: 0,44).

Tabla 14: Parámetros genéticos (Varianza aditiva, Varianza fenotípica y heredabilidad en sentido estricto) en selección individual o de plantas – **Concepción del Uruguay**

Selección plantas									
Parámetro genético	Altura	N° macollos	Peso seco	Días a floración	Espigas/planta	Largo espigas	Espiguillas/espigas	Peso semillas	Pesomil semillas
Varianza Aditiva	0	29,48	0,82	11,8	82,64	8,28	5,25	0	0,044
Varianza fenotípica	68,52	553,33	6,02	34,94	908,84	15,88	10,32	0,15	0,351
$h^2$	0	0,053	0,136	0,34	0,09	0,52	0,51	0	0,12

### Altura de la planta

La heredabilidad, tanto para la selección de familias como para la selección por plantas, fue cero (Tabla 13 y 14) (Ver Discusión: Sección 5.4).

No hay estimación de ganancia genética dado que el valor de heredabilidad fue cero.

### Número de macollos

El valor de heredabilidad para la selección familiar fue de 0,13 (Tabla 13). Esto indica que sólo el 13% de la variación entre las familias en relación al número de macollos se debió a cuestiones genéticas.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,053 (Tabla 14).

La ganancia genética para la selección familiar alcanzó un valor de 1,04 macollos por ciclo, en caso de seleccionar a las mejores familias (Tabla 13).

### Peso seco de planta

La heredabilidad para la selección familiar fue de 0,39 (Tabla 13), lo que indica que un 39% de la variabilidad entre las familias en relación al peso seco de la planta se debió a cuestiones genéticas, mientras que un 61% respondió a cuestiones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,136 (Tabla 14).

La ganancia genética para la selección familiar fue de 0,27 gramos (Tabla 13). Esto significa que se aumentaría la producción de peso seco de la planta en 0,27 gramos por cada ciclo, si se seleccionara a las familias de comportamiento superior.

#### Días a floración

La heredabilidad para la selección familiar fue de 0,58 (Tabla 13). Por lo tanto, un 58% de la variación entre las familias en relación a los Días a floración se debió a cuestiones genéticas, mientras que un 42% se debió a razones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,34 (Tabla 14)

La ganancia genética para la selección familiar fue de 1,15 días (Tabla 13). Al seleccionar a las familias más precoces se estaría disminuyendo la cantidad de días para el inicio de la floración en 1,15, por cada ciclo de selección.

#### Espigas por planta

La heredabilidad para la selección familiar fue de 0,26 (Tabla 14), lo cual indica que el 26% de la variabilidad en relación a la cantidad de espigas por plantas que tienen las familias respondió a razones genéticas, mientras que un 74% lo hizo en función de cuestiones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,09 (Tabla 13).

La ganancia genética para la selección familiar fue de 2,34 espigas (Tabla 10). Al seleccionar a las mejores familias se estaría aumentando la producción de espigas por planta en 2,34, por cada ciclo de selección.

#### Largo de espigas

La heredabilidad para la selección familiar fue de 0,69 (Tabla 13). Esto indica que el 69% de la variabilidad entre las familias en relación al largo de las espigas se debió a cuestiones genética, mientras que un 31% tuvo relación con causas ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,52 (Tabla 14).

La ganancia genética para la selección familiar fue de 1,28 cm (Tabla 13). Esto significa que por cada ciclo de selección de las mejores familias se estaría aumentando el largo de las espigas en 1,28 cm.

#### Espiguillas por espigas

La heredabilidad para la selección familiar fue de 0,68 (Tabla 13), indicando así que un 68% de la variación entre las familias en relación a la cantidad de espiguillas que tienen por espiga, se debió a cuestiones genéticas. Un 32% de esa variación estuvo relacionada con razones ambientales.

La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,51 (Tabla 14).

La ganancia genética para la selección familiar fue de 1,03 espiguillas (Tabla 13). Por cada ciclo de selección de aquellas familias con comportamiento superior se estaría aumentando 1,03 espiguillas por espiga.

#### Peso de semillas

La heredabilidad, tanto para la selección de familias como para la selección por plantas, fue cero (Tabla 13 y 14) (Ver Discusión: Sección 5.4).

No hay estimación de ganancia genética dado que el valor de heredabilidad fue cero.

#### Peso de mil semillas

La heredabilidad para la selección familiar fue de 0,33 (Tabla 13). Esto significa que un 33% de la variabilidad entre las familias en relación al Peso de mil semillas se debió a cuestiones genéticas, mientras que un 67% respondió a razones ambientales. La heredabilidad para la selección por plantas fue de 0,12 (Tabla 14).

La ganancia genética para la selección familiar fue de 0,06 gramos (Tabla 13). Al seleccionar a las mejores familias se estaría aumentando en 0,06 gramos el peso de las mil semillas, por cada ciclo de selección.

### 4.4. ANÁLISIS MULTIVARIADOS

#### 4.4.1 Análisis de Componentes Principales

A continuación se presentan el Análisis de Componente Principales (ACP) realizado sobre la totalidad de las variables cuantitativas registradas en los 2 ambientes (Pergamino y Concepción del Uruguay) representado en un gráfico Biplot (Figura 30).

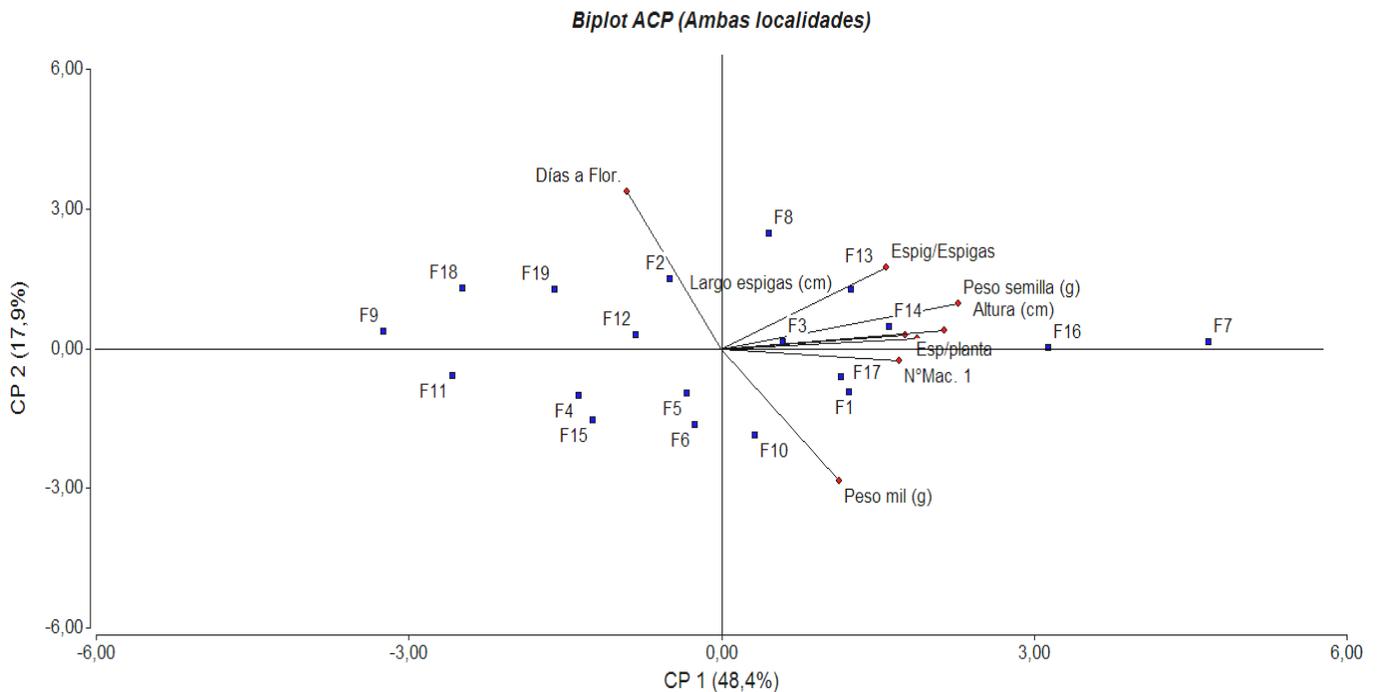


Figura 4: Biplot ACP sobre variables cuantitativas en 2 localidades (criterio de clasificación: FMH).

En conjunto las dos componentes principales (CP) explican el 66,3 % de la variabilidad que presentaron los datos, explicando la componente principal 1 (CP1) el 48,4% y la componente principal 2 (CP2) el 17,9% (Figura 4).

De acuerdo a lo observado en la figura 4, se puede establecer que la CP1 separa dos grandes grupos de Familias de Medio Hermanos (FMH). Por un lado, con un valor positivo de la CP1 se encuentran las familias F1, F13, F14, F16, F17 y F7, siendo esta última familia el caso que más se separa en el sentido positivo de la CP1 (cuadrante superior e inferior derecho). Las familias que integran este grupo presentaron comportamientos similares y positivos (altos valores) en relación a las variables Altura de la planta, Peso de semillas, Espiguillas por espiga, Largo de espigas, Número de macollos y Peso de mil semillas, al mismo tiempo que bajos valores para la variable Días a inicio de floración.

Por otro lado, las familias F9, F18, F11, F19, F4 y F5 se encuentran agrupadas en un sentido negativo de la CP1 (cuadrante izquierdo superior e inferior), diferenciando su comportamiento de las familias mencionadas anteriormente. Estas familias presentaron una similitud de comportamientos entre sí, asociados con menores valores para las variables Altura de la planta, Peso de semillas, Espiguillas por espiga, Largo de espigas,

Número de macollos y Peso de mil semillas, al mismo tiempo que con mayores valores para la variable Días a inicio de floración.

También existen familias (F5, F6, F10) que no pueden ser asociadas con altos ni bajos valores de las variables mencionadas, ya que se encuentran cerca del valor cero de la CP1.

Respecto a la CP2, la misma establece una clara separación entre las variables “Días a inicio de floración” (cuadrante superior izquierdo) y “Peso de mil semillas” (cuadrante inferior derecho). Mientras que la primera variable se encuentra posicionada en el sentido positivo de la CP2, la variable Peso de mil semillas lo hace en el sentido negativo. Así mismo, algunas familias se encuentran agrupadas en el sentido positivo de la CP2, permitiendo inferir que presentaron mayores valores en los Días a inicio de floración y menores en el Peso de mil semillas, como las familias F8, F2 y F19 (cuadrantes superiores); mientras que otros genotipos se encuentran agrupados en el sentido negativo de la CP2. Esto último se asocia con mayores valores para el Peso de mil semillas y menores de Días a inicio de floración. Las familias F6 y F10 integran este grupo (cuadrantes inferiores).

En relación a las variables estudiadas, y teniendo en cuenta el tipo de ángulos que forman entre sí los vectores que las representan, es posible establecer la existencia de una correlación positiva entre las variables Espiguillas por espiga, Peso de semillas, Largo de espigas, Número de macollos, y Peso de mil semillas (Ver también ANEXO D, tabla 1515). Esto quiere decir que el aumento de los valores en una de las variables estaría relacionado con el aumento de los valores en aquellas variables correlacionadas.

Por otro lado, resulta evidente que la variable Peso de mil semillas presentó una correlación negativa con la variable Días a inicio de floración, dado que los ángulos que se visualizan en el gráfico entre las variables son del tipo obtuso. Esta correlación negativa significa que mayores valores en la variable Días a inicio de floración estarían asociados a menores valores en la variable Peso de mil semillas (Ver también ANEXO D, tabla ).

#### 4.4.2. Análisis de Conglomerados

A continuación se puede visualizar el análisis de conglomerados sobre todas las variables cuantitativas estudiadas en las 19 Familias de Medio Hermanos (FMH) en las dos

localidades (Pergamino y Concepción del Uruguay), a través de un dendrograma (Figura 5).

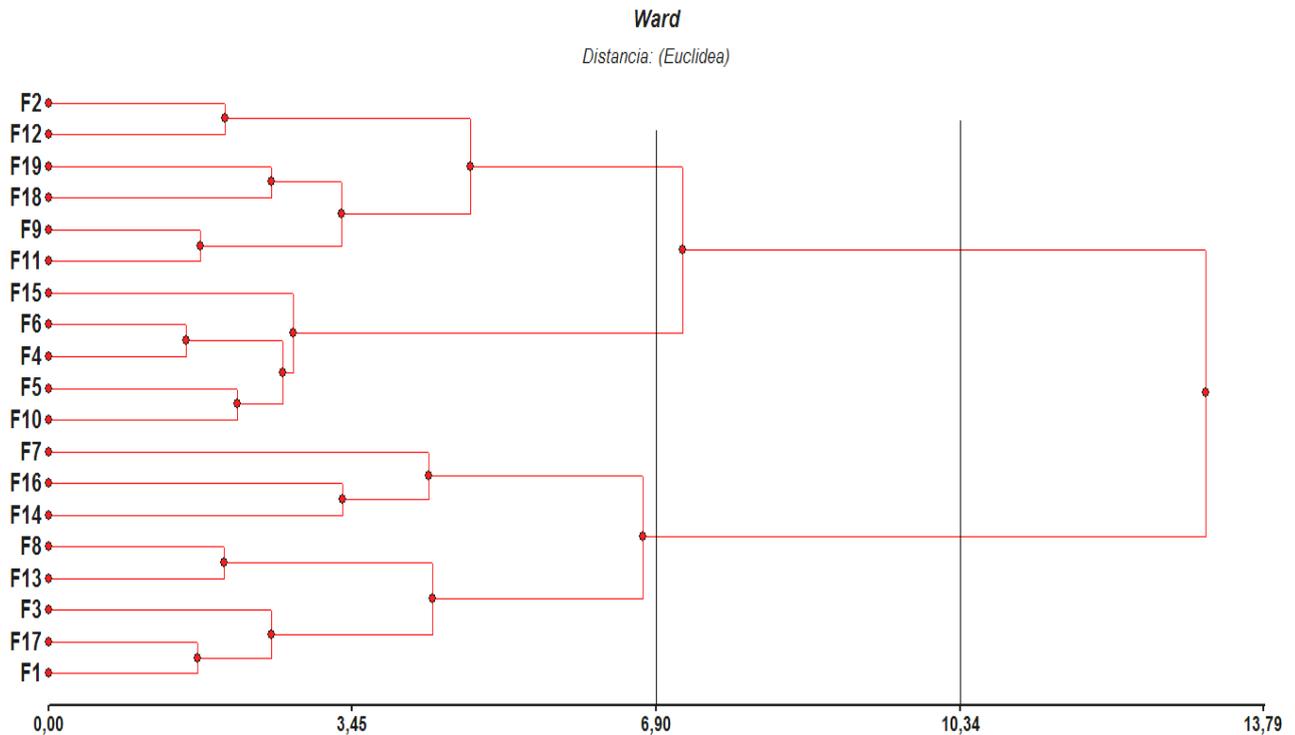


Figura 5: Dendrograma del análisis de conglomerados para 19 FMH sobre variables cuantitativas

De acuerdo a lo que se puede observar en la Figura 5, y teniendo en cuenta el punto de corte aplicado al 75% de la distancia (en 10,34), es posible establecer la existencia de dos grandes conglomerados de Familias de Medio Hermanos (FMH) de acuerdo a las diferencias que ellas presentaron entre sí en relación al total de las variables analizadas. Dentro de cada uno de esos conglomerados, las FMH presentaron un comportamiento similar, que permitió efectivizar el agrupamiento. En uno de ellos se encuentran ubicadas las familias F2, F12, F19, F18, F9, F11, F15, F6, F4, F5 y F10 (sección superior del gráfico). En el conglomerado restante es posible encontrar a las familias F7, F16, F14, F8, F13, F3, F17 y F1 (sección inferior del gráfico).

Analizando el punto de corte al 50% de la distancia (en 6,90), el análisis arroja la conformación de 3 conglomerados. Uno de ellos resulta del agrupamiento de las familias F7, F16, F14, F8, F13, F3, F17 y F1. Los otros conglomerados restantes surgen del desdoblamiento del conglomerado original que agrupaba al resto de las FMH, generando un grupo con las familias F15, F6, F5, F4, F10; y otro con las familias F2, F9, F11, F12, F18 y F19.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Variabilidad genética entre Familias de Medio Hermanos

El inicio de cualquier programa de mejoramiento genético necesita contar con material de partida variable. Para detectar esa potencial variabilidad es necesario evaluar las diferencias que los genotipos presentan entre sí en aquellos caracteres de interés para los programas de mejora de la especie.

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran, en general, la presencia de variabilidad genética entre las Familias de Medio Hermanos (FMH) estudiadas para la mayoría de los caracteres evaluados, tanto en la localidad de Pergamino (Tabla 8, ver también ANEXO B, figuras 40 a 48) como en la localidad de Concepción del Uruguay (Tabla 9, ANEXO B, figuras 49 a 57). Estudios previos han obtenido resultados similares en relación al estudio de la variabilidad genética en la especie, tanto en variedades diploides como en variedades tetraploides (Andrés *et al.* 2005; Alonso 2010; Katova 2019; Gang 2019; Ríos *et al.* 2019; Hasnain *et al.* 2021).

Los valores de heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ) oscilaron entre moderados y altos para los caracteres evaluados, tanto en el análisis de los dos ambientes en conjunto (tabla 10) como en cada localidad por separado (tabla 11 y 13). Estudios previos en el género *Lolium* y en el mismo tipo de familia han demostrado valores de heredabilidad moderados para los caracteres estudiados (Elgersma 1990), así como también en variedades diploides de la misma especie (Elgersma *et al.* 1989). En general, las variables Días a inicio de floración, Largo de espigas, Espiguillas por espiga y Peso de mil semillas se destacaron por presentar altos valores de heredabilidad, independientemente del ambiente estudiado. Teniendo en cuenta los objetivos del presente trabajo, estos resultados resultan prometedores para la selección de FMH, ya que en principio, la variación que se observó entre las familias sería heredable, especialmente en aquellos caracteres de interés, como Días a floración (directamente relacionado con la precocidad) y variables de rendimiento. Por otro lado, los valores de heredabilidad para la selección por plantas fueron, en general, de moderados a bajos y, en todas las variables, menores a los valores obtenidos para la selección familiar, tanto en el análisis de ambos ambientes, como en cada uno por separado.

Los caracteres relacionados con la producción de materia seca (Peso seco de planta, Número de macollos, Altura) presentaron valores de heredabilidad superiores en la localidad de Pergamino (tabla 11) en relación a la localidad de Concepción del Uruguay (tabla 13).

## 5.2. Interacción genotipo por ambiente (IGA)

Como ya se ha expresado anteriormente, cuando los genotipos se comportan de manera diferente en distintos ambientes, debe considerarse que la Interacción Genotipo por Ambiente (IGA) puede estar influyendo en los resultados, y entonces resulta necesario estudiar su comportamiento en cada ambiente por separado. Es posible que la IGA se presente en algunos caracteres evaluados y no en otros. Un estudio previo en la especie demuestra que la temperatura y el agua recibida constituyen factores influyentes sobre la interacción genotipo por ambiente (Méndez *et al.* 2016). En relación a los valores poco frecuentes de precipitaciones registrados en Pergamino durante los meses de duración del ensayo, es factible afirmar que este factor puede resultar determinante para la IGA registrada en el presente estudio.

Los resultados obtenidos indican, en general, ausencia de interacción genotipo x ambiente para la mayoría de las variables analizadas, excepto para **Número de macollos** y **Espigas por planta** (Tabla 10). Estudios previos sobre la IGA en la especie o en otra forrajera demuestran que este factor suele aportar significativamente a las diferencias que se observan entre los genotipos (Van Eeuwijk y Elgersma 1992; Charmet *et al.* 1993, Ibañez *et al.* 2001).

La IGA significativa en el **Número de macollos**, y su posterior influencia en **Espigas por planta** indica que los genotipos se ven influenciados por el ambiente en la expresión de esas características, y que lo hacen de manera diferencial en una y otra localidad. Autores como Bugge (1984) han encontrado que el número de espigas por plantas es la variable de rendimiento más afectada por el ambiente. Como se puede observar en la tabla 8 en relación a los valores medios de los genotipos para el Número de macollos (1° conteo) en la localidad de Pergamino, la familia de comportamiento superior fue F6 (con 13,4 macollos), mientras que las familias que presentaron los más bajos valores de media fueron las familias F17 (4,67 macollos) y F12 (4,78 macollos). Por otro lado, esas mismas familias en la localidad de Concepción del Uruguay (tabla 9) demostraron un comportamiento diferente en relación al demostrado en Pergamino: La familia F6 presentó un comportamiento intermedio y diferencias significativas con las familias superiores. La

familia F12, que presentó en Pergamino unos de los valores medios más bajos entre todos los genotipos, fue la familia de mayor valor de media en Concepción del Uruguay para el carácter en estudio, con 68,3 macollos; mientras que la familia F17, que fue aquella con menor valor de media en la localidad de Pergamino (4,67 macollos), fue al mismo tiempo fue una de las familias con mayor valor de media en la localidad de Concepción del Uruguay (53,86 macollos). Por otro lado, La familia F7 formó parte de un grupo de familias de comportamiento intermedio en localidad de Pergamino, y de comportamiento superior en la localidad de Concepción del Uruguay. Estudios anteriores encontraron valores significativos de Interacción Genotipo por Ambiente en la producción de materia seca en forrajes, variable relacionada con el número de macollos vegetativos (Ibáñez *et al.* 2001; Méndez *et al.* 2019).

Para el caso de la variable **Espigas por planta** se debe analizar el caso de la familia F6, que fue una de las familias con mayor valor de media en la localidad de Pergamino, pero en la localidad de Concepción del Uruguay fue la familia con el valor medio más bajo (62,63 espigas) en relación al resto de las familias. Por el contrario, la familia F11 se encuentra dentro de los grupos de familias con menores valores de media en el carácter en la localidad de Pergamino, pero resultó una de las familias de mejor comportamiento en la localidad de Concepción del Uruguay (Tablas 8 y 9).

### 5.3. Caracteres vegetativos: Valores medios. Parámetros genéticos

Se considera que el carácter **Altura de la planta** se encuentra indirectamente relacionado con la producción de materia seca (Snaydon 1978). En el presente trabajo se hallaron diferencias entre los valores medios de ambas localidades, con 11,6 cm en Pergamino y 35,39 cm de altura de la planta en CdU (Tablas 5 y 6). Es posible adjudicar estos valores tan dispares a la notoria diferencia en relación a las precipitaciones registradas en cada localidad durante los meses de duración del ensayo (Tabla 3, Figuras 2 y 3). Además, se detectaron diferencias significativas entre los genotipos en relación a la variable, tanto para ambas localidades ( $p$ -valor=0,00138), como para la localidad de Pergamino ( $p$ -valor=0,0001), aunque no para Concepción del Uruguay (CdU) ( $p$ -valor 0,216) (tabla 10, 11 y 13). Estudios previos sobre la especie no han detectado variabilidad para el carácter (Acuña 2009). No obstante, otros trabajos sí han demostrado la presencia de variación entre los genotipos estudiados (Mignacco 2019), aunque corresponden a variedades diploides. Investigaciones en variedades tetraploides evidenciaron una variabilidad moderada a alta para el carácter "altura de la planta" (Katova 2019). La familia F14

presentó en general el mejor comportamiento (en todos los análisis) en relación a esta variable, con una media de 26,12 cm considerando los dos ambientes en conjunto, 15,6 cm en Pergamino y 36,7 cm en CdU (Tablas 7, 8 y 9).

La heredabilidad ( $h^2$ ) para el carácter fue de 0,37, tanto en el análisis de dos ambientes como en Pergamino; con una ganancia genética superior en dos ambientes (1,2 cm) en relación a Pergamino (0,4 cm) (Tablas 10 y 11). En la localidad de CdU la estimación del factor de "Varianza Familiar" (interviniente en la fórmula para el cálculo de heredabilidad, cuyo valor fue cero [tabla 13]) dio como resultado un valor negativo. De acuerdo a las conclusiones de estudios anteriores, cuando alguno de los componentes de la varianza resulta negativo, es factible considerarlo como valor cero (Majidi *et al.* 2016).

La variable **Número de macollos vegetativos** puede ser utilizada para selección indirecta del peso de materia seca (Rashal y Kholms 1983). El presente trabajo demuestra que hubo diferencias significativas entre las familias tanto en Pergamino ( $P < 0,0001$  para 1° conteo y  $P = 0,0165$  para 2° conteo) como en Concepción del Uruguay ( $P = 0,034$ ), con valores de heredabilidad de moderados (0,35 2° conteo) a altos (0,58 1° conteo) en Pergamino, pero bajo en CdU (0,13) (Tablas 11 y 13). Las familias con mejor comportamiento en la localidad de Pergamino fueron las familias F6 (13,4 macollos en el 1° conteo) y F16 (43,65 macollos en el 2° conteo) (Tablas 8 y 9), mientras que en CdU fue la familia F12 (68,3 macollos), aunque sin diferencias significativas con un gran grupo de familias.

El **Peso de materia seca** es el carácter más importante para selección en los programas de mejora de la especie (Acuña 2009) ya que se ha convertido en su principal índice de productividad (Rashal y Kholms 1983). El presente estudio evaluó el carácter en la localidad de Concepción del Uruguay, encontrando diferencias significativas entre las familias ( $P = 0,014$ , tabla 13). Sin embargo la heredabilidad y la ganancia genética presentaron valores modestos (0,29 y 0,27 gramos, respectivamente). De acuerdo a la tabla 9, la familia de mejor comportamiento fue la F7 (8,47 gramos) y aquella con menor valor de media fue la F15 (4,07 gramos). Otros autores también han encontrado variabilidad entre poblaciones en relación a este carácter, tanto para variedades diploides (Acuña 2009; Mignacco 2019) como para variedades tetraploides (Méndez *et al.* 2018).

#### 5.4. Caracteres reproductivos: Valores medios. Parámetros genéticos.

Los **Días a inicio de floración** constituyen una variable de gran importancia para los estudios de la especie, debido a que se encuentra directamente relacionada con la precocidad de la planta. Un genotipo precoz es capaz de cubrir baches invernales en los que escasea el alimento para el ganado. En el presente trabajo se encontraron diferencias significativas entre las familias, tanto para la localidad de Pergamino como para Concepción del Uruguay (CdU) ( $P=0,02$  y  $P=0,0028$ , respectivamente) (Tablas 11 y 13). Algunas familias se han destacado por su comportamiento precoz (en ambas localidades); estas fueron F4, F5, F7, F10, F14, F16 y F17. Otros estudios demuestran también la existencia de variabilidad para el carácter en la especie (De Battista *et al.* 2000, Rosso y Andrés 2001, Acuña 2009, Alonso 2010). La heredabilidad fue alta en CdU (0,58) y moderada en Pergamino (0,46), influyendo así en la ganancia genética de CdU (1,15 días menos en florecer) y de Pergamino (0,6 días menos en florecer) (Tablas 11 y 13. La variable **Espigas por planta** resulta un componente determinante del rendimiento en la mayoría de las especies forrajeras (Smith *et al.* 1994). Se han detectado diferencias importantes en los valores medios generales entre las dos localidades, con una media de 24,5 espigas en Pergamino y de 82,3 espigas en Concepción del Uruguay (Tablas 5 y 6). Es factible afirmar que las diferencias en la cantidad de precipitaciones registradas entre las localidades influyeron notoriamente sobre estos valores de medias (Tabla 3, Figuras 2 y 3). A la hora de analizar los comportamientos de los genotipos en relación al carácter, se debe recordar que la Interacción genotipo por ambiente fue significativa para esta variable. En la localidad de Pergamino la variabilidad entre FMH fue significativa ( $P=0,0002$ ) (Tabla 11), con familias de comportamiento superior, como F16 (54,9 espigas), F14, F15, F6 y F3, y familias de mal comportamiento, o muy bajo valor de media, como la F10 (27,4 espigas) (Tabla 8). Estudios previos también han demostrado la existencia de diferencias significativas entre las poblaciones de raigrás estudiadas en relación a esta variable (Acuña 2009). El carácter presenta un alto valor de heredabilidad (0,65) y una ganancia genética cercana a las 4 espigas por planta en la localidad de Pergamino (Tabla 11). Sin embargo, en la localidad de CdU los genotipos presentaron un comportamiento diferente. En primer lugar no se detectaron diferencias significativas entre las Familias de medio hermanos ( $P=0,17$ ) (Tabla 13) y, en efecto, como se puede observar en la figura 25, 15 familias de las 19 estudiadas no presentaron diferencias significativas entre sí, pudiendo adoptar tanto un comportamiento intermedio como uno malo. Sólo 4 familias demostraron valores de media superiores (F16, F12, F3, F11). Al mismo tiempo, el valor de heredabilidad fue bajo (0,29) y la ganancia genética presentó

casi la mitad del valor de ganancia obtenido en la localidad de Pergamino (Tablas 13 y 11).

Otra de las variables de rendimiento de la especie es el **Largo de espigas**. Algunos autores han demostrado que presenta una relación indirecta con el peso de semillas (Andrés *et al.* 1998). En el presente estudio la variable presentó en la localidad de Pergamino una media de 24,9 cm por espiga (Tabla 5), con el valor máximo en la familia F3 (27,74 cm) y el valor mínimo en F9 (22,12 cm) (Tabla 8). El p-valor asociado a la variabilidad entre familias fue de 0,0124 (Tabla 11). Este resultado es consistente con lo expuesto en trabajos previos, tanto sobre variedades diploides (Acuña 2009) como tetraploides (Katova 2019). En la localidad de CdU las familias también presentaron diferencias significativas entre sí ( $P=0,0001$ ), con un valor de heredabilidad de 0,69 (Tabla 13), notablemente superior en relación a localidad de Pergamino (0,37) (Tabla 11). La familia de comportamiento superior fue F7 (38,89 cm), mientras que F18 presentó el valor más bajo de media (29,54 cm) (Tabla 9).

Las familias estudiadas presentaron diferencias significativas entre sí para el carácter **Espiguillas por espigas**, tanto en Pergamino como en Concepción del Uruguay ( $P<0,0001$  y  $P=0,0001$ , respectivamente) (Tabla 11 y 13), con valores de media similares en ambas localidades (Tablas 5 y 6). Las familias superiores e inferiores en la localidad de Pergamino fueron F8 (27,0 espiguillas) y F10 (21,11 espiguillas) (Tabla 8), mientras que en Concepción del Uruguay estuvieron representadas por la familia F7 (33,5 espiguillas) y la familia F15 (26,8 espiguillas) (Tabla 9). Los valores máximos y mínimos de las familias de Concepción del Uruguay resultaron superiores a los respectivos valores de Pergamino.

Para poder estimar el futuro éxito en la difusión de un nuevo cultivar de forrajeras, es fundamental analizar el carácter **Peso de semillas** (Acuña 2009). De la misma forma que para otras variables estudiadas, se detectó una diferencia notoria entre los valores medios generales entre las localidades, con una media de 2,18 g para la localidad de Pergamino y de 19,42 g para la localidad de Concepción del Uruguay (Tablas 5 y 6, respectivamente). Es posible atribuir estas diferencias en los valores a la destaca disimilitud en relación a las precipitaciones registradas en cada localidad durante los meses de duración del ensayo (Tabla 3, Figuras 2 y 3). Las Familias no presentaron diferencias significativas en relación a esta variable en ninguna de las dos localidades estudiadas (Tablas 11 y 13). El valor de heredabilidad fue muy bajo en la localidad de CdU y moderado en Pergamino (0,38), con una ganancia genética de aproximadamente 1

gramo en el peso de semillas por ciclo de selección (Tablas 11 y 13). Otros estudios previos han demostrado resultados más robustos y prometedores para la selección de genotipos en relación a este carácter (Rosso y Andrés 2001, Acuña 2009).

El **Peso de mil semillas** es otra de las variables de rendimiento más importantes para estimar el éxito reproductivo de un cultivar. Algunos estudios previos demuestran una relación positiva entre este carácter y el vigor inicial de las plántulas (Schaal y Smith 1980). Las familias de medio hermanos estudiadas presentaron diferencias significativas entre sí en la localidad de Pergamino ( $P=0,0001$ ), pero no así en Concepción del Uruguay ( $P=0,1$ ). Los valores de heredabilidad y ganancia genética fueron muy similares entre las localidades (tablas 11 y 13). En Pergamino, la familia F17 presentó el mayor valor de media (3,12 gramos) mientras que F18 se adjudicó el valor más bajo para la variable (2,46 gramos) (Tabla 8). En general, las variedades tetraploides alcanzan un peso de mil semillas superior al que presentan las variedades diploides (Acuña 2009). De acuerdo a los resultados obtenidos, es factible afirmar que el peso de mil semillas en general fue bastante bajo y, para algunas familias, similar a los valores más altos que puede presentar una variedad diploide.

#### 5.5. Análisis Multivariados

El Análisis de Componentes Principales (ACP) permitió explicar gran parte de la variabilidad de los datos con las dos primeras Componentes. En el análisis de dos localidades tomadas en conjunto, el total de la variación explicada fue de 66,3% (Figura 4). Otros estudios genéticos de caracteres fenotípicos en poblaciones de la especie estudiada han demostrado valores similares para el ACP, con 64% de la variabilidad explicada por las dos componentes principales (Ríos *et al.* 2019), mientras que otros trabajos demostraron alcanzar un porcentaje similar de variabilidad explicada utilizando una tercera componente principal (Acuña 2009).

En general, el ACP permitió establecer una correlación positiva entre las variables de rendimiento, incluyendo las espiguillas por espiga, el peso de semillas, el largo de espigas y el peso de mil semillas. Estudios previos han encontrado correlaciones similares entre algunas de estas variables en variedades de raigrás diploide (Mignacco 2019). Por otro lado, se ha detectado una correlación negativa entre la variable Días a inicio de floración y las variables de rendimiento (Espigas por planta, Largo de espigas, Espiguillas por espigas, Peso de semillas, Peso de mil semillas) (Ver también Anexo D, tablas 15, 16 y 17). Esto es importante porque indica que al seleccionar familias precoces, también se

estaría seleccionando, indirectamente, aquellas con mayores valores en las variables de rendimiento. En relación a esto último, se detectaron 5 familias que presentaron este tipo de comportamiento (bajos valores para días a inicio de floración y altos valores para variables de rendimiento) dentro del análisis. Estas familias fueron: **F1, F7, F14, F16 y F17** (Figura 4). Los resultados son consistentes con los valores de medias para estas familias en cada localidad y las diferencias que presentan con otras (Tablas 7,8 y 9, ver también figuras 32 a 57, Anexo B), ya que en general, se presentan como familias de comportamiento intermedio o alto para las variables de interés.

El análisis de conglomerados, por su parte, demostró la existencia de 2 grandes grupos (punto de corte al 75% de la distancia) dentro de los cuales los genotipos se asociaron de acuerdo a un comportamiento similar en relación a todas las variables estudiadas (Figura 5). Las familias F1, F3, F7, F8, F13, F14, F16 y F17 forman parte de uno de esos conglomerados, evidenciando una similitud de comportamiento, consistente con los resultados observados en el ACP (Figura 4) y en el análisis de las medias y diferencias entre familias para cada variable (Tabla 7). Este conglomerado define con claridad la similitud entre familias que han presentado un comportamiento superior en relación a la precocidad y a las variables de rendimiento, como las familias **F1, F7, F14, F16 y F17**.

## 6. CONCLUSIONES

Se determina la presencia de variabilidad genética entre Familias de Medio Hermanos (FMH) para la mayoría de los caracteres evaluados, especialmente para el carácter “Días a inicio de floración”, directamente relacionado con la precocidad del germoplasma, tanto en el ensayo llevado a cabo en Pergamino como en el ensayo de Concepción del Uruguay.

La interacción genotipo por ambiente es significativa sólo para los caracteres “Número de macollos” y “Espigas por planta”.

La heredabilidad en sentido estricto resulta de moderada a alta en caracteres de interés, especialmente en el carácter “Días a floración” y variables de rendimiento, mientras que resulta moderada en caracteres relacionados con producción de materia seca.

Los cálculos de ganancia genética estiman aumentos en la mayoría de los caracteres de rendimiento y en producción de materia seca, con valores cercanos a la unidad.

La variable “Días a inicio de floración” presenta una correlación negativa con la mayoría de las variables de rendimiento.

Es posible detectar 5 FMH (F1, F7, F14, F16 y F17) de comportamiento superior para los intereses del presente trabajo, entendidos como la búsqueda de precocidad en la floración al mismo tiempo que altos valores en variables de rendimiento.

El germoplasma estudiado resulta promisorio para selección e incorporación a futuros programas de mejoramiento genético de la especie.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, M. 2009. Variabilidad genética en poblaciones naturalizadas de *Lolium multiflorum* (Lam.). Tesis M. Sc. Rosario, Argentina. Universidad Nacional de Rosario. 145 p.

Alonso, S; Clausen, A. 2010. Evaluation of Italian ryegrass populations naturalized in the flooding Pampa of Argentina. Phenotypic variability among Populations Growing in different soils. The American Journal of Plant Science and Biotechnology. Global Science Books. 10 p.

Andres, A; Rosso, B; De Battista, J; Acuña, M. 2005. Genetic variability between adapted populations of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) in Argentina. Molecular breeding for the genetic improvement of forage crops and turf. Proceedings of the 4th International symposium on the molecular breeding of forage and turf, a satellite workshop of the XXth International Grassland Congress.Pp:275.

Aquaah, G. 2007. Principles of Plant Genetics and Breeding. Oxford, United Kingdom. Blacwell Publishing. 569 p.

Balzarini, M; Bruno, C; Arroyo, A. 2004. Análisis de ensayos agrícolas multiambientales. Ejemplos con Infogen. Córdoba, Argentina. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Córdoba. 141 p.

Bertin, O. 2004. Componentes de rendimiento y producción de semilla de raigrás anual. In 27° Congreso Argentino de producción animal (27, 2004, Tandil, Argentina). Balcarce, Argentina, Asociación Argentina de Producción Animal.

Bugge, G. 1984. Heredability estimates for forage yield, ear emergence and quality characteristics of the dry matter in *Lolium multiflorum* (Lam.). Z. Pflanzenzutch. 92:321-327.

Carámbula, M. 2003. Pasturas y forrajes. Potenciales y alternativas para producir forrajes. Montevideo, Uruguay. Editorial Hemisferio Sur T I, pt 3.

Charmet, G; Balfourier, F; Ravel, C; Denis, J. 1993. Genotype x environment interactions in a core collection of french perennial ryegrass populations. Theoretical and Applied Genetics. 86:731-736.

Clima-date.org. 2021. Consultado en sept. 2021. Disponible en <https://es.climate-data.org/america-del-sur/argentina/buenos-aires/pergamino-1898/>

Cubero, JI; Flores, F. 1995. Métodos Estadísticos para el Estudio de la Estabilidad Varietal en Ensayos Agrícolas. 2 ed. España. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. 197 p.

De Battista J; Andrés, A; Costa, M. 2000. Evaluación de la variabilidad genética en cultivares tetraploides y diploides de raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.). Revista Argentina de Producción Animal Vol. 20, Sup. I. 133.

De Battista, J; Re, A. 2008. Tasas de crecimiento estacionales de verdeos de Invierno en vertisoles de Entre Ríos. Revista Argentina de Producción Animal. 28(1):465-6.

De Lima Souza, R; Dos Santos Días, L; Correa R; Caixeta E; Da Costa E; Muniz D; Barbosa L; Ribeiro, P. 2019. Genetic variability revealed by microsatellite markers in a germplasm collection of *Jatropha curcas* L. in Brazil, an important plant of biofuels. Crop Breeding and Applied Biotechnology. Brazilian Society of Plant Breeding. 19(3):337-346.

Elgersma, A. 1990. Heredability estimates of spaced-plant traits in three perennial ryegrass cultivars. Euphytica. 51: 163-171.

Elgersma, A; Den Nijs, A; Van Eeuwijk, F. 1989. Genetic variation for seed yield components of westwold ryegrass (*Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum*). Netherlands Journal of Agricultural Science. 37: 119-127.

Entre Ríos, Portal de Secretaría de Ambiente. 2021. Consultado en sept. 2021. Disponible en <https://www.entrerios.gov.ar/ambiente/>

Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. 2 ed. Londres, GB, Longman Group Ltd. 361 p.

Ferreira, ME; Grattapaglia, D. 1998. Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. Brasilia, BR, EMBRAPA. 220 pp.

Gang, N; Ting, H; Xiao, M; Linkai, H; Yan, P; Yanhong Y; Zhou L; Xia W; Xinquah Z. 2019. Gentic variability evaluation and cultivar identification of tetraploid anual ryegrass using SSR markers. Peer Journal.

Hasnain, M; Tahir, H; Sher, M; Shehzad, M. 2021. Estimation of genetic variability and correlation among different ryegrass genotypes for fodder yield and quality related traits. Agricultural Sciences Journal. Vol 3, (1):26-31.

Ibáñez, M; Di Renzo M; Samame, S; Bonamico, N; Pouverne, M. 2001. Genotype environment interaction of lovegrass forage yield in the semi-arid region of Argentina. *Journal of agricultural science*. United Kingdom. Cambridge University Press.137:329-336.

INASE (Instituto Nacional de Semillas). 2019. Catálogo nacional de cultivares. (en línea). Consultado 14 jun. 2019. Disponible en <https://gestion.inase.gob.ar/consultaGestion/gestiones>

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2018. Manual de forrajes. 3er año. Provincia de Buenos Aires, Argentina. INTA. 153 p.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2021. Carta de suelos. (en línea). Consultado mar. 2021. Disponible en <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2019. Sistema de información y gestión agrometeorológica (SIGA). Consultado en sept. 2021. Disponible en <http://siga2.inta.gov.ar/#/>

Katova, A; Vulchinkov, J. 2019. Variability of morphological characters of collection accessions of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 25(5):1015-1023.

Lamote, V; Baert, J; Roldan-Ruiz, I; De Loose, M; Van Bockstaele, E. 2002. Traicing of 2n egg occurrence in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) using Interploidy crosses. *Euphytica*.123:159-164.

Llopiz Pérez, J. 2013. La estadística: una orquesta hecha instrumento. Curso de estadística on-line. Consultado el 10 oct. 2021. Disponible en <https://jllopisperez.com/2013/01/28/test-lsd-least-significant-difference/>

Lus, J. 2010. Raigrás anual. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>

Majidi, M; Bahrami, S; Abtahi, M; Mirlohi, A; Araghi, B. 2016. Genetic analysis of seed-related traits in smooth brome grass (*Bromus inermis*) under well-watered and water-stressed conditions. *Grass and Forage Science*. 72:163:173.

Mazzanti, A; Castano, J; Sevilla, G; Orbea, J. 1992. Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la Pcia. de Buenos aires. CERBAS. INTA Balcarce.

Méndez, D; Frigerio, K; Ruiz, M; Fontana, L; Barbera, P; Pérez, G; Castaño, J; Berone, G; Di Nucci, E; Gallego, J; Neira Zilli, F; Romero, L; Ré, A; Moreyra, F. 2016. Interacción genotipo por ambiente y su asociación con variables climáticas en raigrás anual. Revista Argentina de Producción Animal. 39° Congreso Argentino de Producción Animal, Tandil, Buenos Aires, 19 y 21 de Octubre de 2016.

Méndez, D; Frigerio, K; Ruiz, M; Fontana, L; Romero, L; Barbera, P; Ré, A; Moreyra, F; Pérez, G; Otondo, J; Cicchino, M; Melani, E; Lavandera, J; Gallego, G; Neira Zilly, F. 2018. Red de Evaluación de Raigrás. Avances en Raigrás. INTA.

Méndez, D; Frigerio, K; Ruiz, M; Romero, L; Barbera, P; Ré, A; Moreyra, F; Pérez, G; Otondo, J; Cicchino, M; Gallego, G; Neira Zilly, F; Bailleres, M; Melani, E; Lavandera, J. 2019. Interacción genotipo por ambiente y su relación con variables climáticas de raigrás anual. Revista Argentina de Producción Animal. 42° Congreso Argentino de Producción Animal, Tandil, Buenos Aires, 15 al 18 de octubre de 2019.

Mignacco, A. 2019. Evaluación y comparación del rendimiento de raigrás anual diploide en dos ambientes. Tesis Ing. Agr. Pergamino, Buenos Aires. Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires. 54 p.

National Institute of Food and Agriculture. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Consultado el 25 may. 2020. Disponible en <https://nifa.usda.gov/topic/plant-breeding>

Nguyen, H; Sleper, D. 1983. Theory and application of half-sib mating in forage grass breeding. Theoretical and applied genetics.64:187-196.

Oliveira, L; Ferreira, O; Teixeira, R; Farías, P; Siveira, R. 2014. Características productivas y morfofisiológicas de cultivares de raigrás. Pesquisa Agropecuaria Tropical. Goiania, Brasil. 44(2):191-197.

Rashal, I; Kholms, I. 1983. Variability and correlation of quantitative characters of Westworlds ryegrass (*Lolium multiflorum* var. *westerworldicum* Mans.) [Genotypes, phenotypes, heredability coefficients]. Soviet Genetics. 19:1574-1579.

Rosso, B; Andrés, A. 2001. Preliminary evaluation of naturalized Italian Ryegrass populations in Buenos Aires province, Argentina. Planta Genetic Resources Newsletter. 128:51-54.

Schaal, B; Smith, W. 1980. The apportionment of genetic variation within and among populations of *Desmosium nudiflorum*. *Evolution*. 34(2):214-221.

Schneider, J. 2014. El raigrás anual en las regiones Pampeana y sur de la Mesopotamia. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 38 p.

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). 2020. Bovinos y Bubalinos, sector primario. Consultado oct. 2020. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/bovinos/bovinos-y-bubalinos-sector-primario>

Smith, K; Lee, C; Borg, P; Flinn, P. 1994. Yield, nutritive, value and phenotypic variability of tall wheatgrass grown in a non saline environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34: 609-614.

Snydon, R. 1978. Genetic changes in pasture population. In: *Plant relations in Pasture*, Wilson J. CSIRO. Melbourne, Australia. Pp 253-269.

Turesson, G. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Heredities* (3):211-350.

Vaiman, N. 2019. Resumen agrometeorológico mensual. Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Consultado en sept. 2021. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/indice-de-resumenes-agrometeorologicos-mensuales>

Van Eeuwijk, F; Elgersma, A. 1993. Incorporating environmental information in an analysis of genotype by environment interaction for seed yield in perennial ryegrass. *Heredity*. The Genetic Society of Great Britain. 70:447-457.

Wit, F. 1958. Tetraploid Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). *Euphytica*.7:47-58.

## 8. ANEXO

### 8.1. ANEXO A: Histogramas de distribución de los datos.

A continuación se presentan los histogramas correspondientes a la distribución de los datos para las variables analizadas en conjunto en las dos localidades (Sección 8.1.1. Figuras 32-39), para las variables en localidad de Pergamino (Sección 8.1.2. Figuras 40-48) y para las variables en localidad de Concepción del Uruguay (Sección 8.1.3. Figuras 49-57).

#### 8.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS. 2 LOCALIDADES .

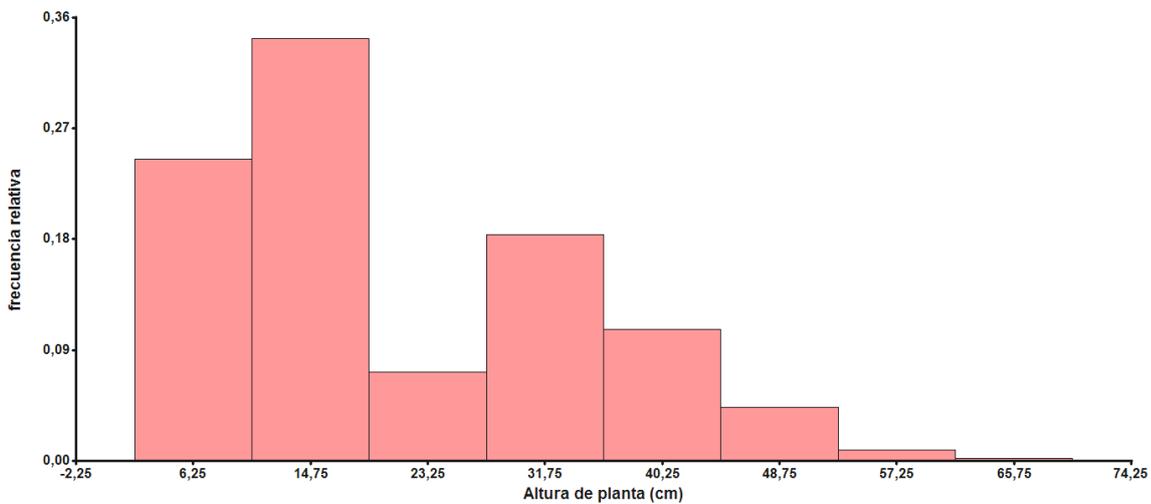


Figura 6: Histograma "Altura de planta (cm)" (2 Loc.)

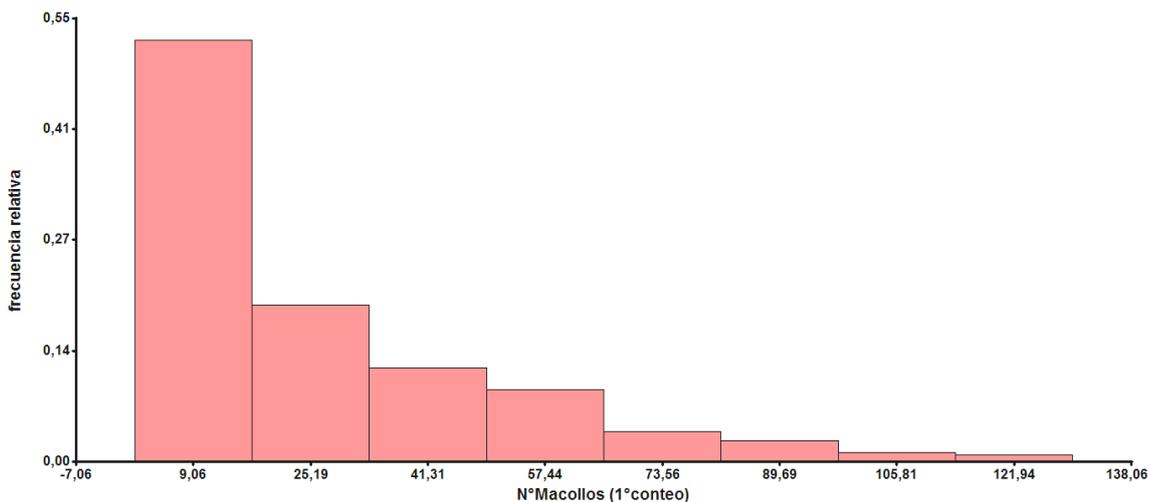


Figura 7: Histograma "Número de macollos" (2 Loc.)

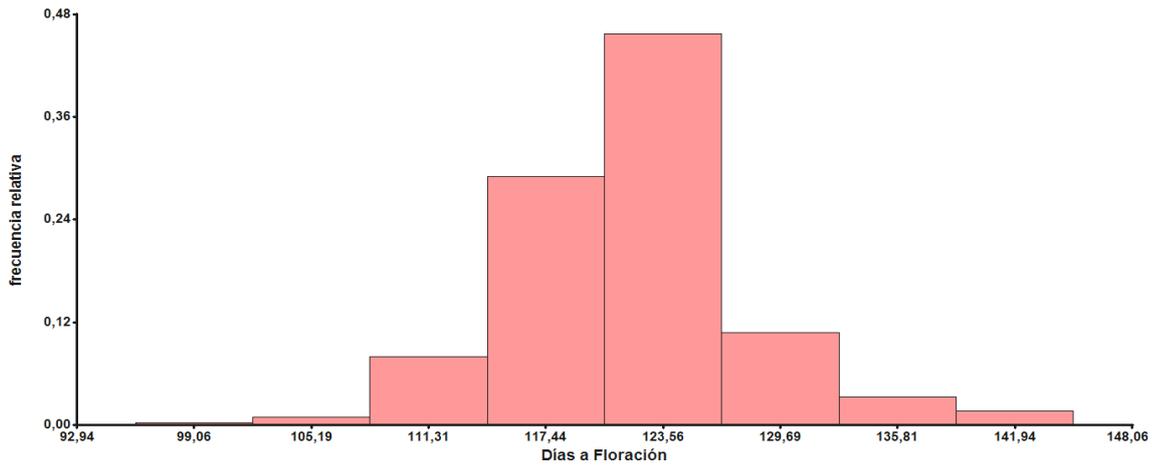


Figura 8: Histograma "Días a floración" (2 Loc.)

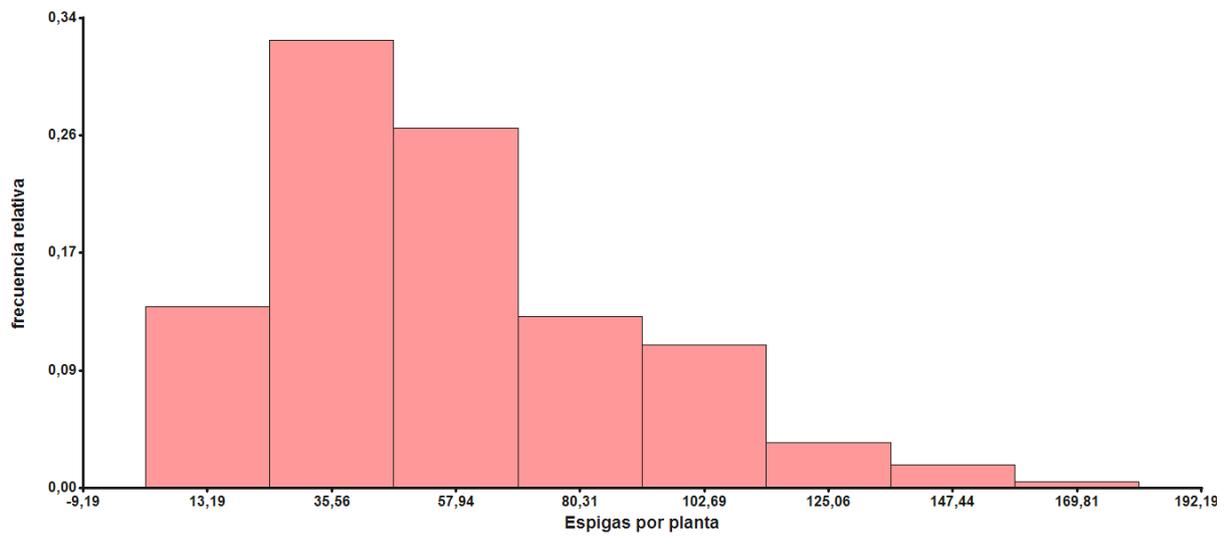


Figura 9: Histograma "Espigas por planta" (2 Loc.)

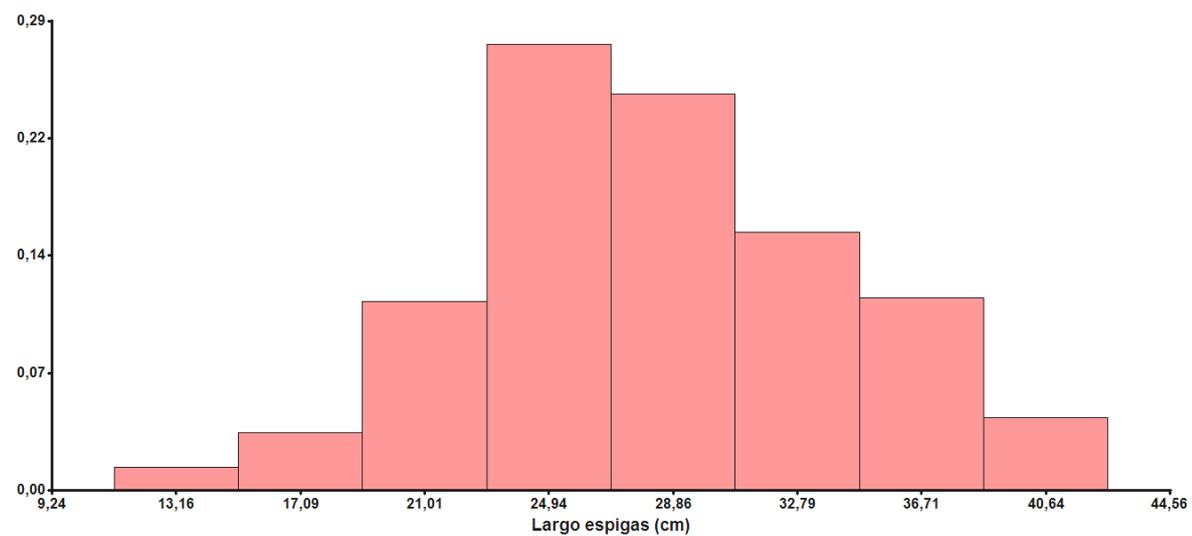


Figura 10: Histograma "Largo de espigas (cm)" (2 Loc.)

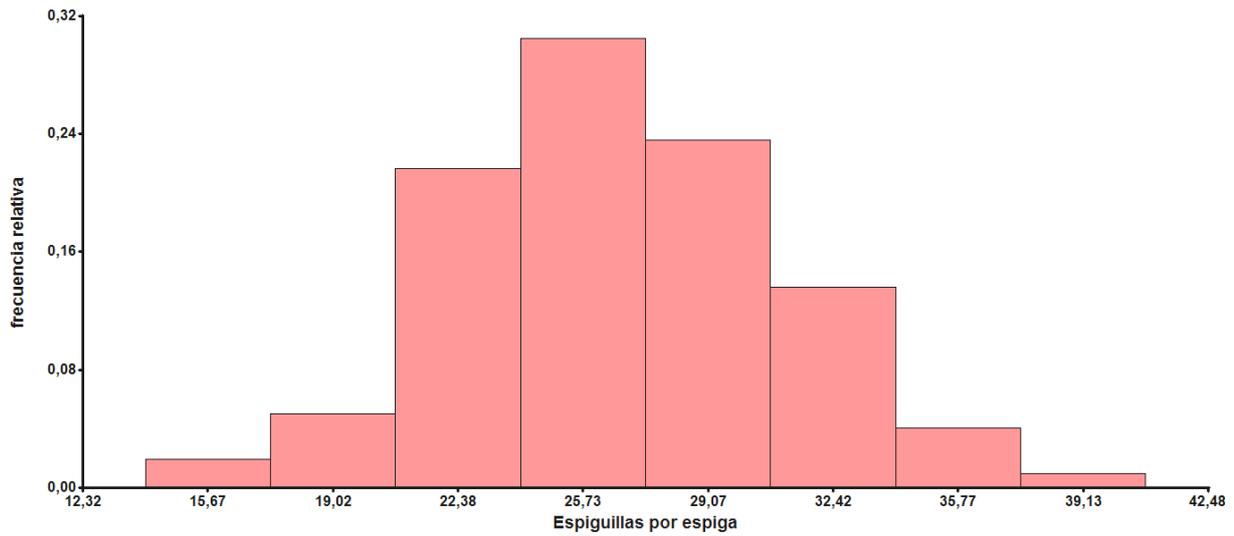


Figura 11: Histograma "Espiguillas por espiga" (2 Loc.)

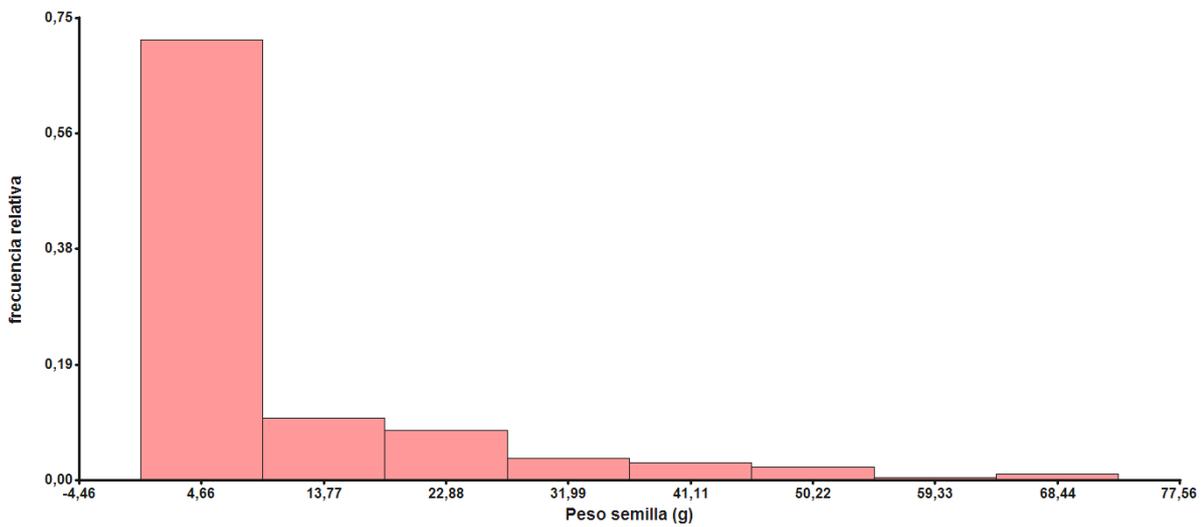


Figura 12: Histograma "Peso de semillas (g)" (2 Loc.)

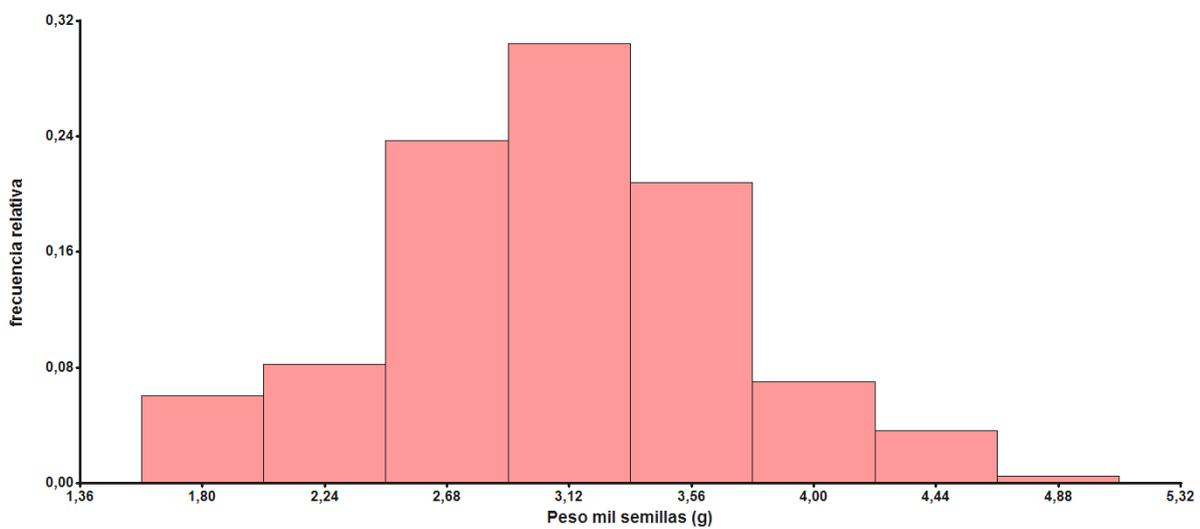


Figura 13: Histograma "Peso de mil semillas (g)" (2 Loc.)

### 8.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS LOCALIDAD DE PERGAMINO

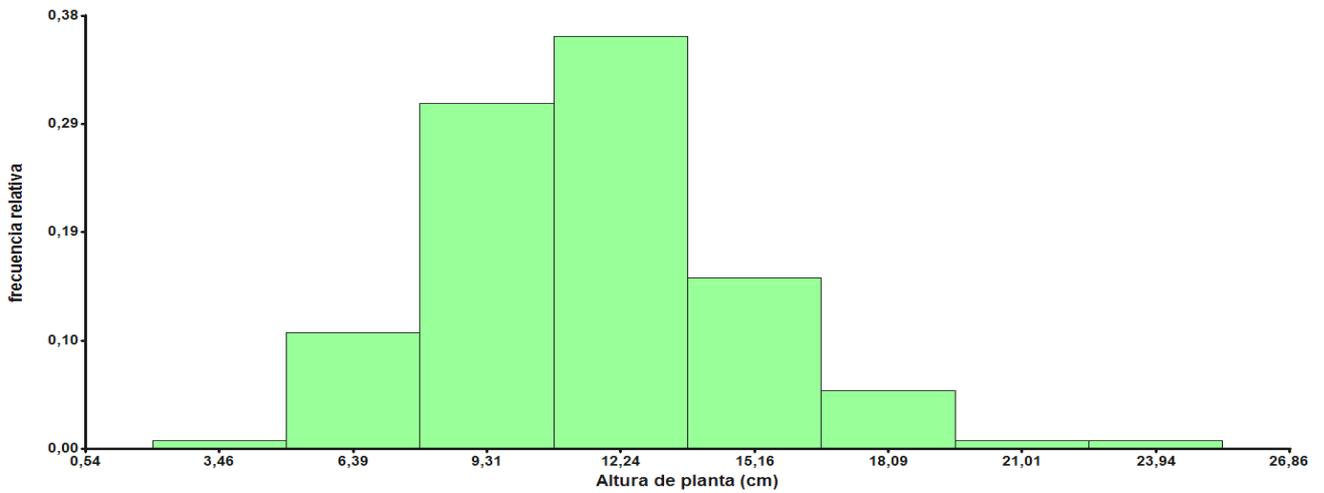


Figura 14: Histograma altura de planta (cm) (PERG.)

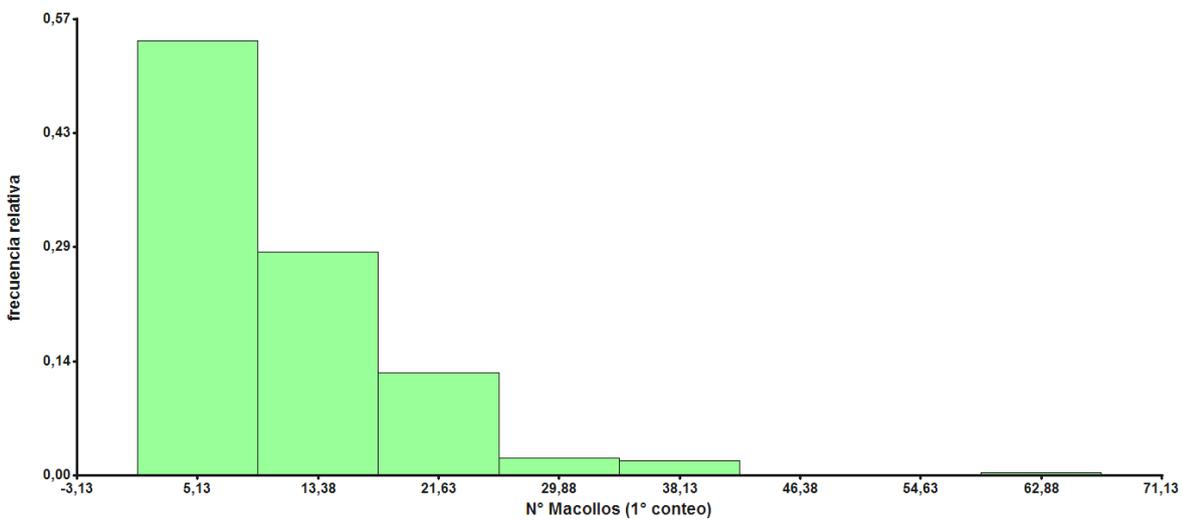


Figura 15: Histograma "Número de macollos (1° conteo)" (PERG.)

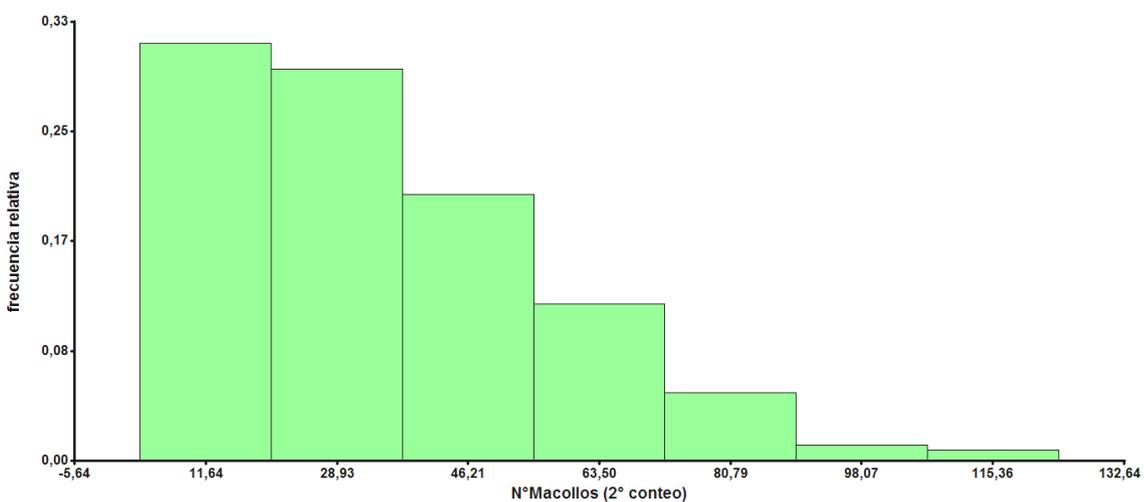


Figura 16: Histograma "Número de macollos (2° conteo)" (PERG.)

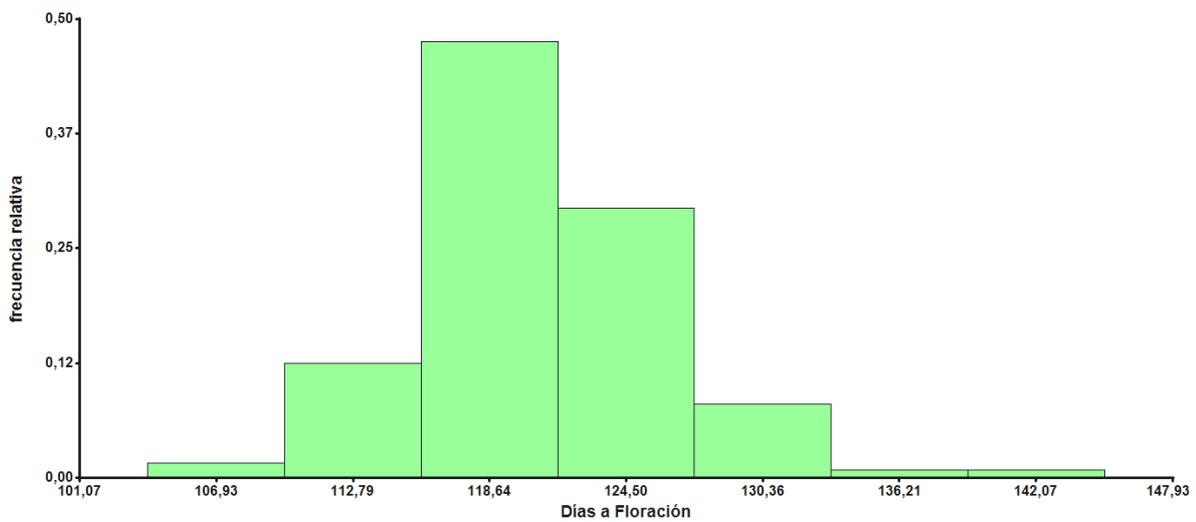


Figura 17: Histograma "Días a floración" (PERG.)

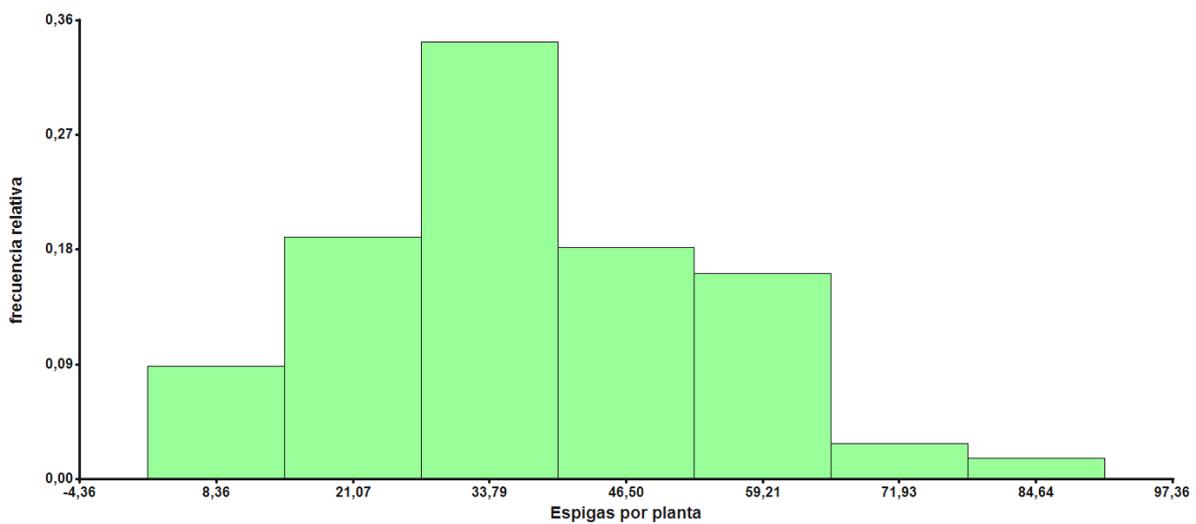


Figura 18: Histograma "Espigas por planta" (PERG.)

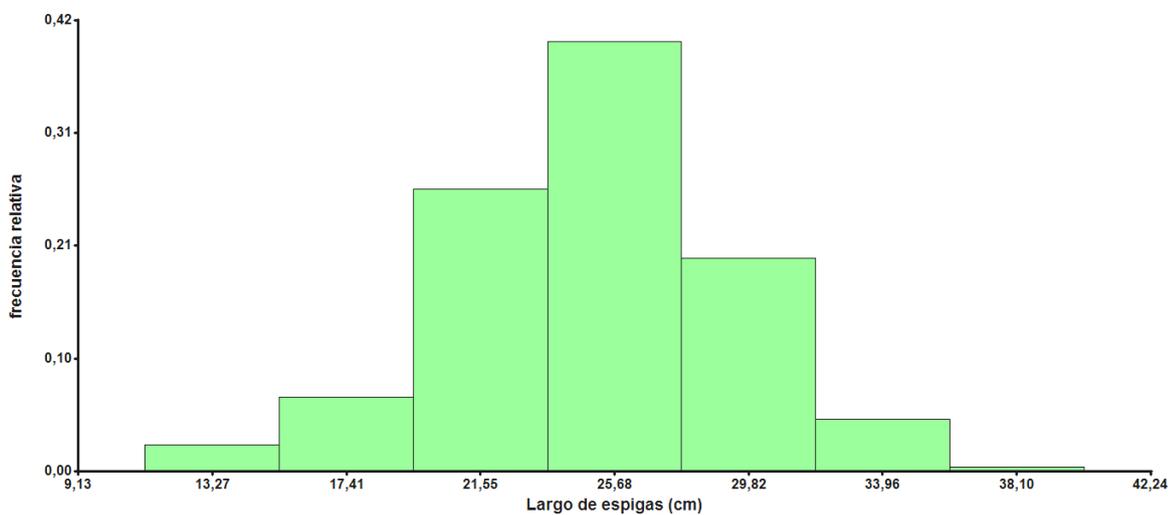


Figura 19: Histograma "Largo de espigas (cm)" (PERG.)

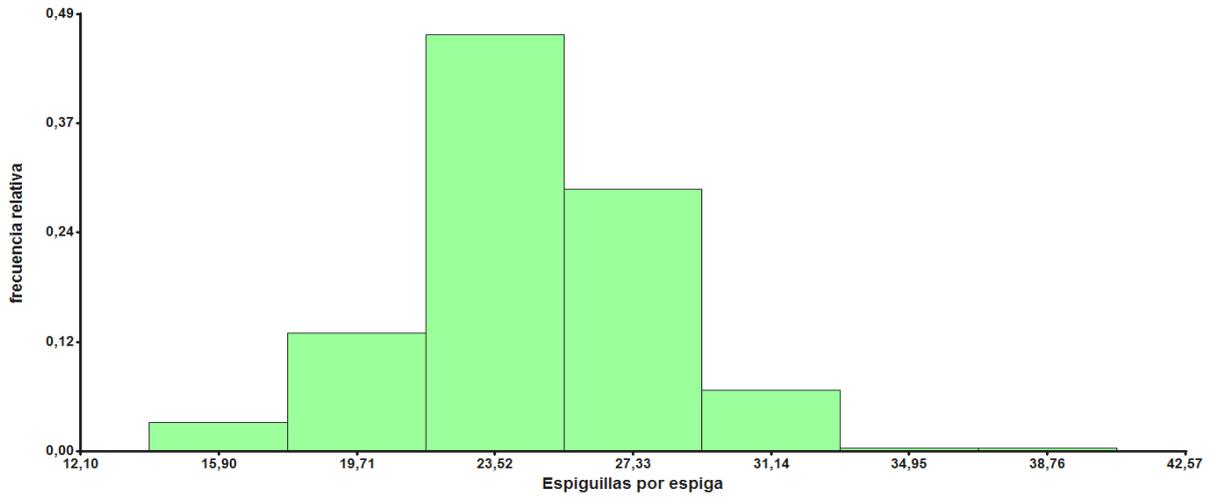


Figura 20: Histograma "Espiguillas por espiga" (PERG.)

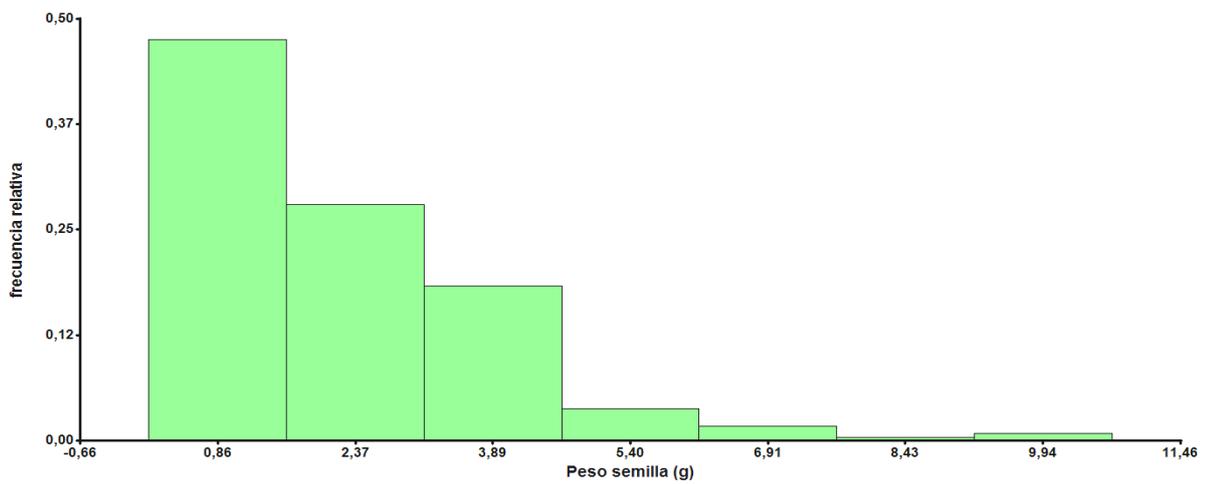


Figura 21: Histograma "Peso de semillas (g)" (PERG.)

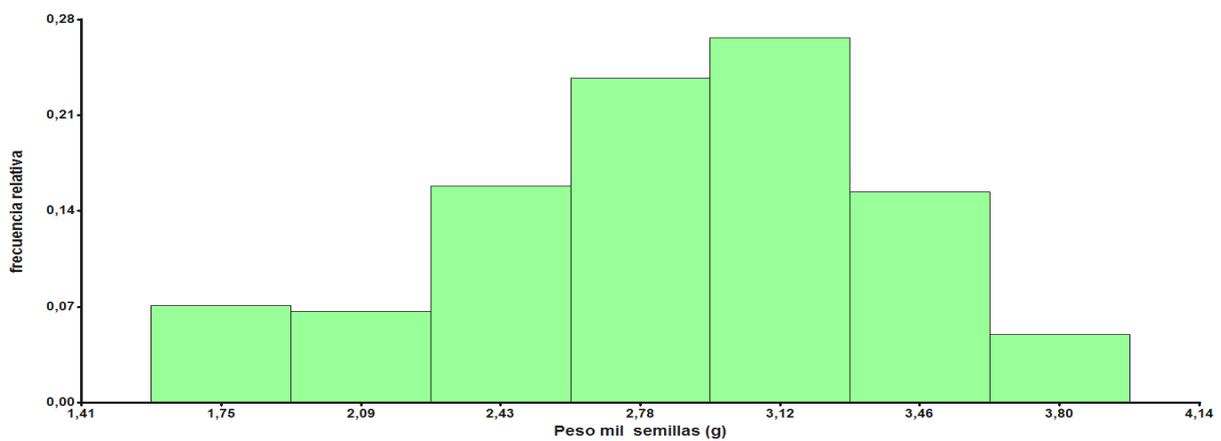


Figura 22: Histograma "Peso de mil semillas (g)" (PERG.)

### 8.1.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS. LOCALIDAD DE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

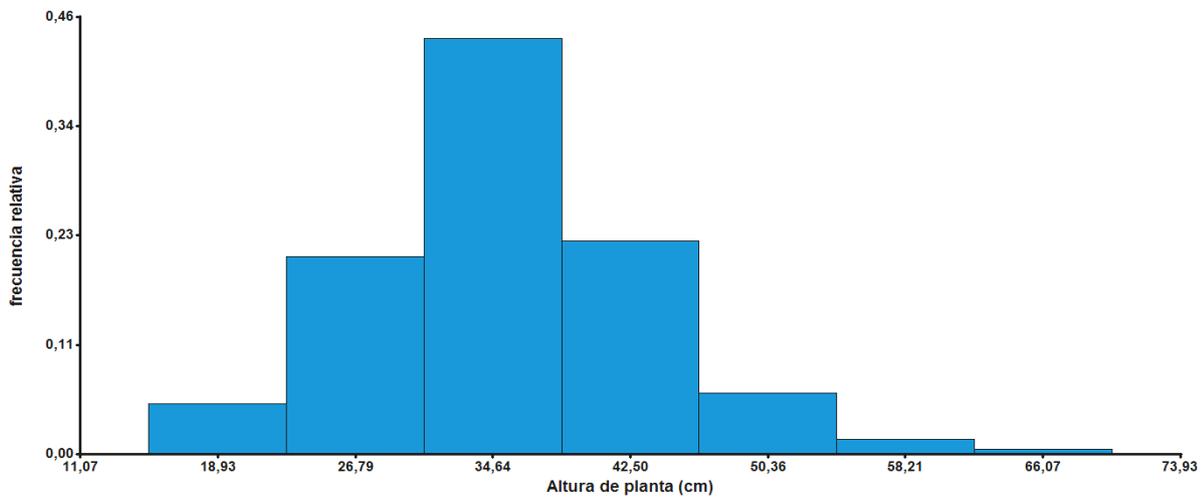


Figura 23: Histograma "Altura de planta (cm)" (CDU)

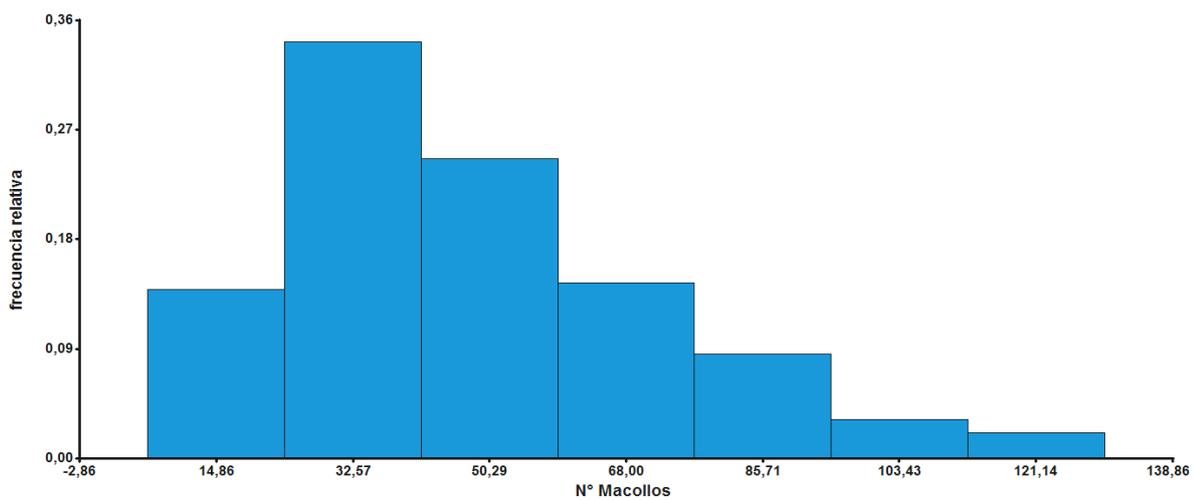


Figura 24: Histograma "Número de macollos" (CDU)

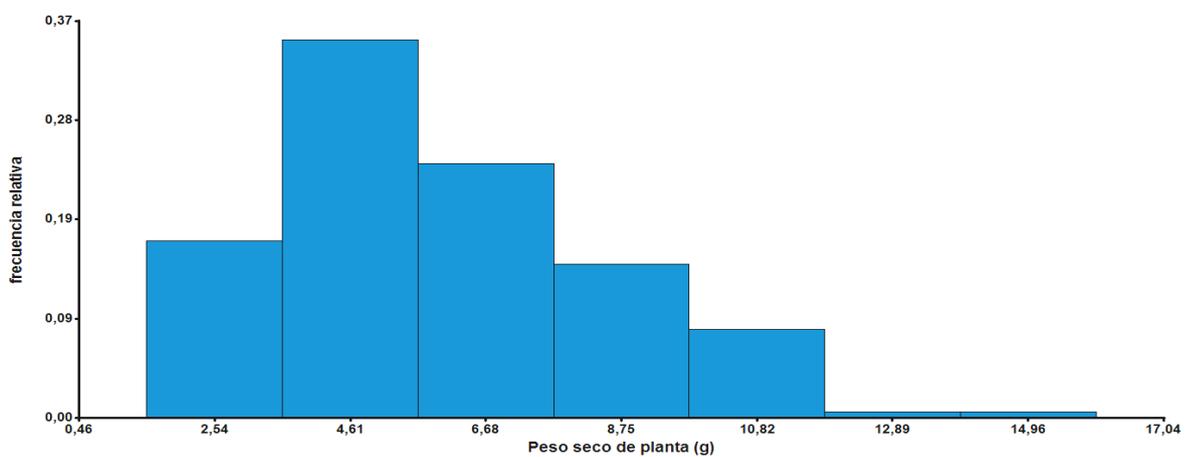


Figura 25: Histograma "Peso seco de planta (g)" (CDU)

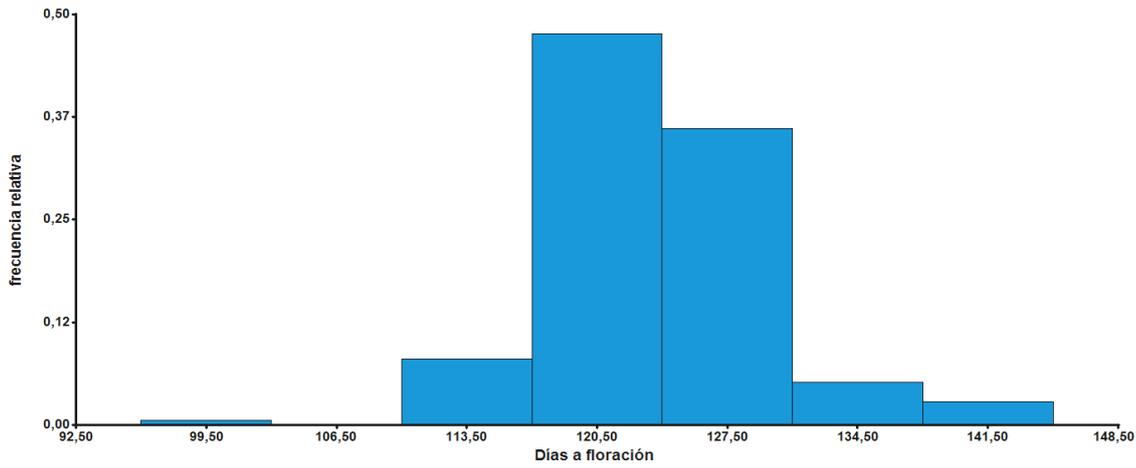


Figura 26: Histograma "Días a floración" (CDU)

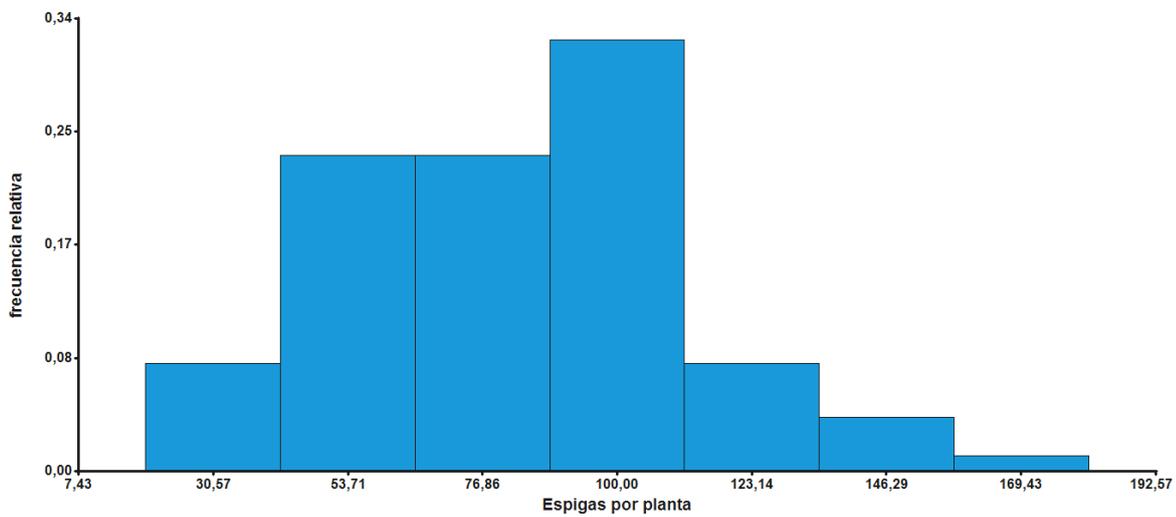


Figura 27: Histograma "Espigas por planta" (CDU)

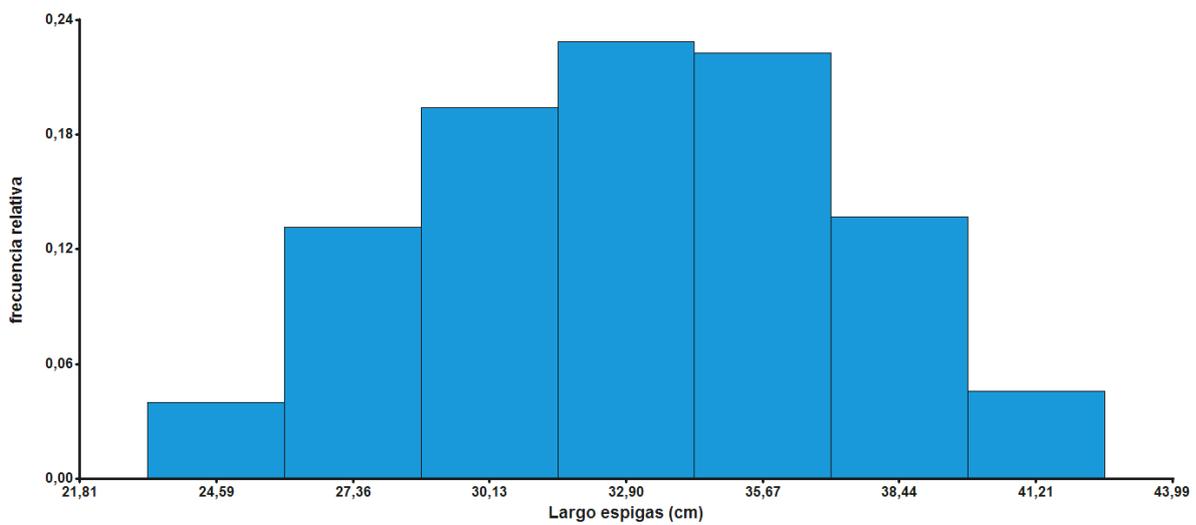


Figura 28: Histograma "Largo de espigas (cm)" (CDU)

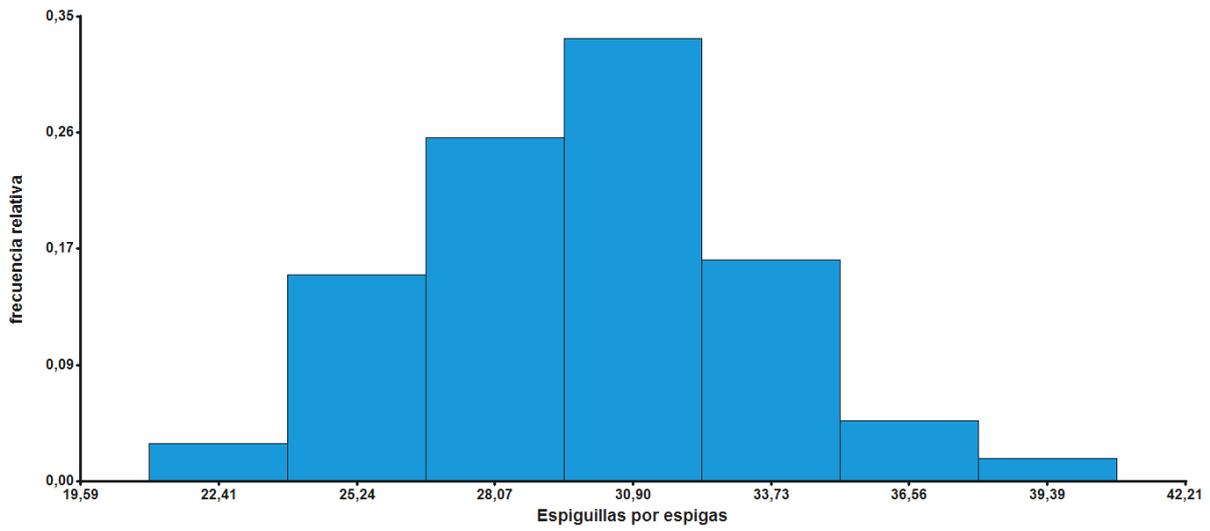


Figura 29: Histograma "Espiguillas por espigas" (CDU)

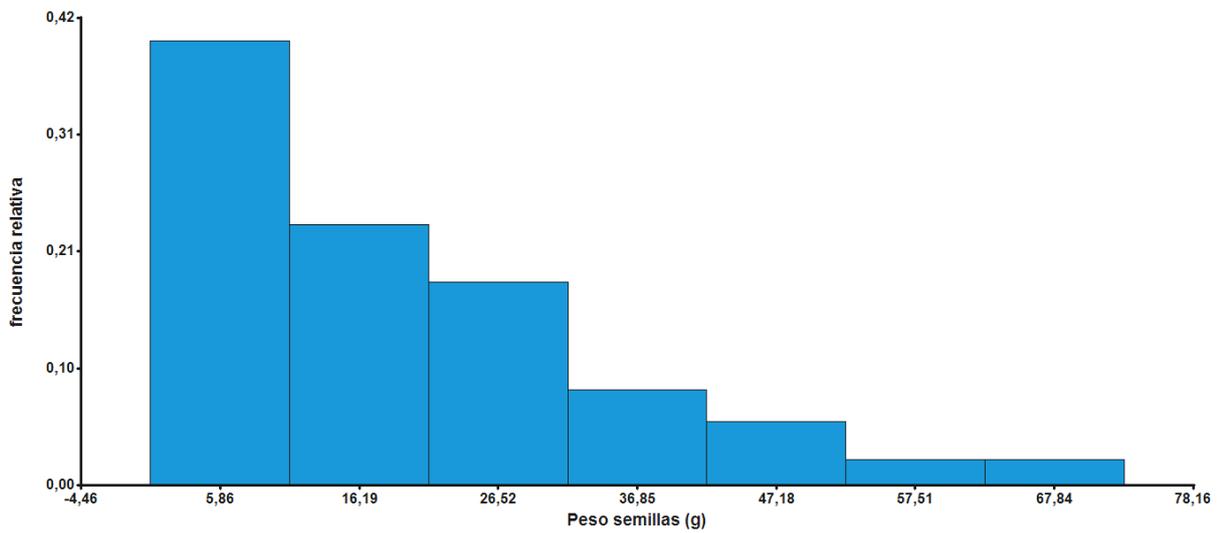


Figura 30: Histograma "Peso de semillas (g)" (CDU)

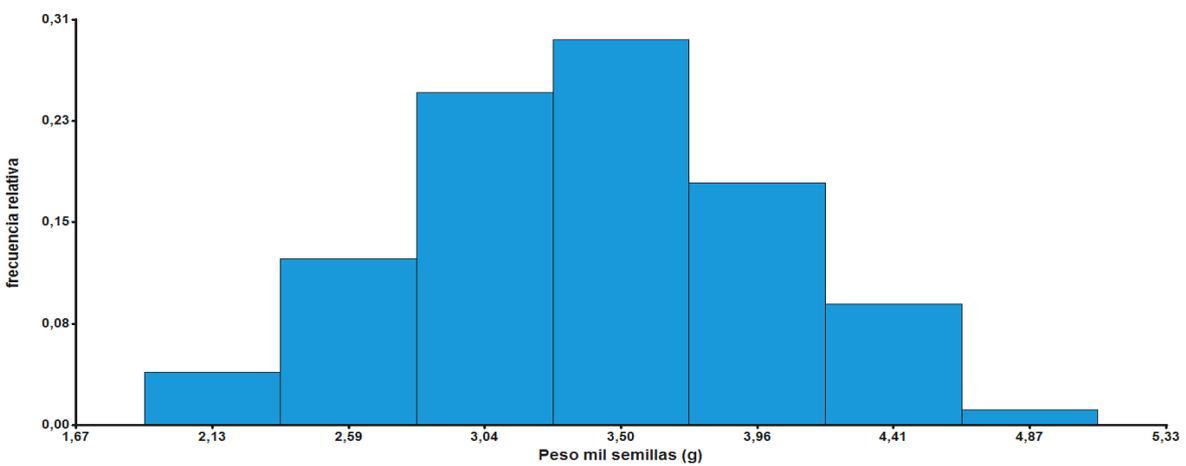


Figura 31: Histograma "Peso de mil semillas (g)" (CDU)

8.2. ANEXO B: MEDIAS POR FAMILIA DE MEDIO HERMANOS (FMH)

8.2.1. Medias por FMH en dos localidades

A continuación se presentan los gráficos de los valores medios por FMH correspondientes a los ensayos en ambas localidades (Figuras 32 a 39)

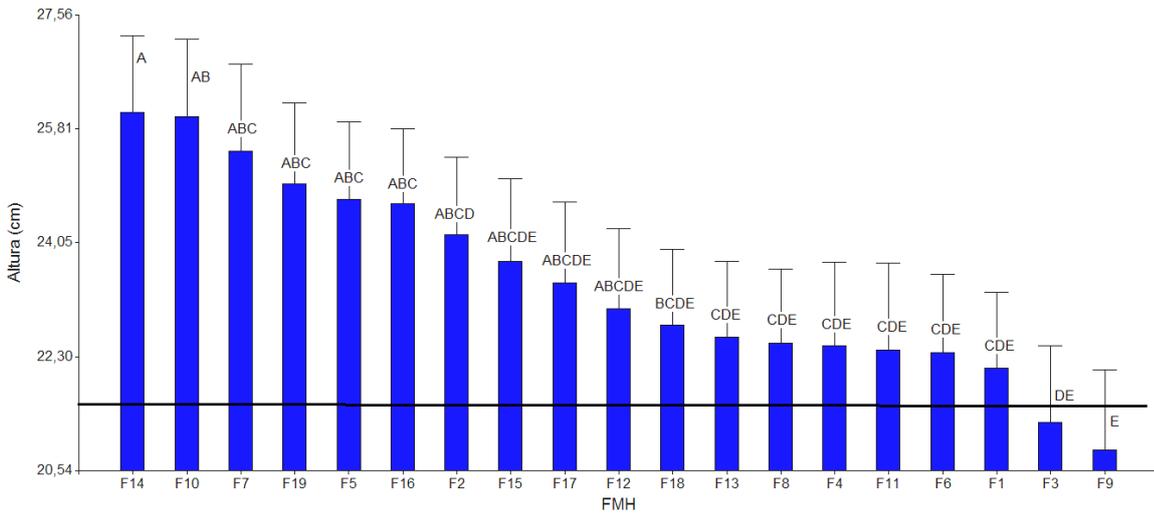


Figura 32: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Altura de la planta (2 ambientes)

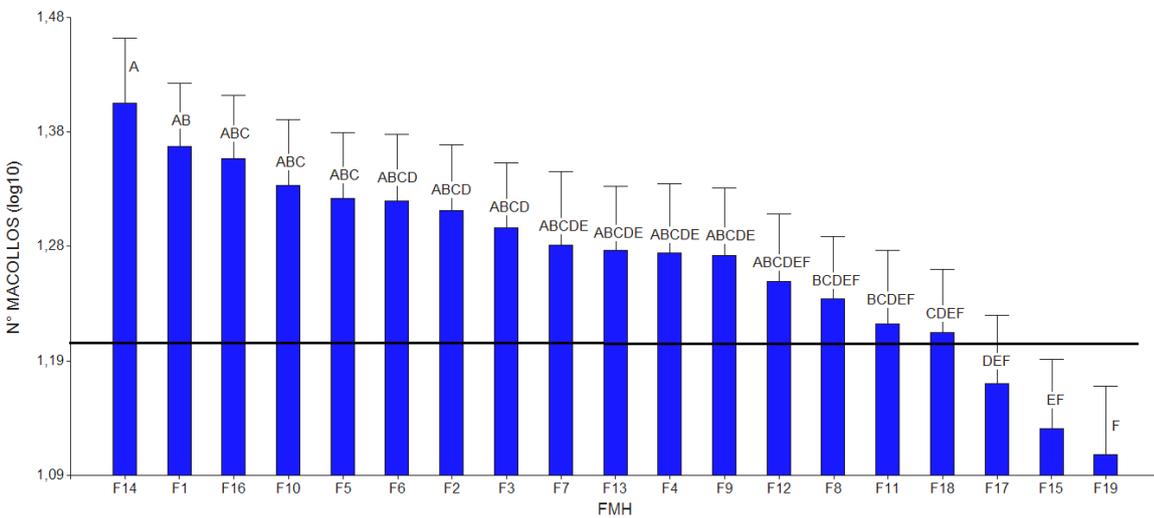


Figura 33: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher – N° de macollos (2 ambientes)

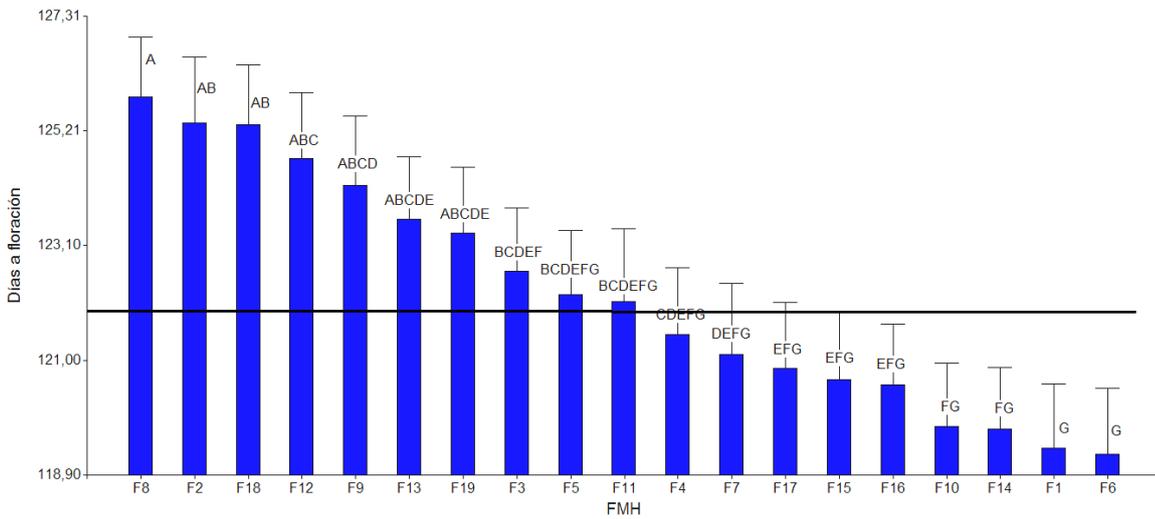


Figura 34: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher – Días a Floración (2 ambientes)

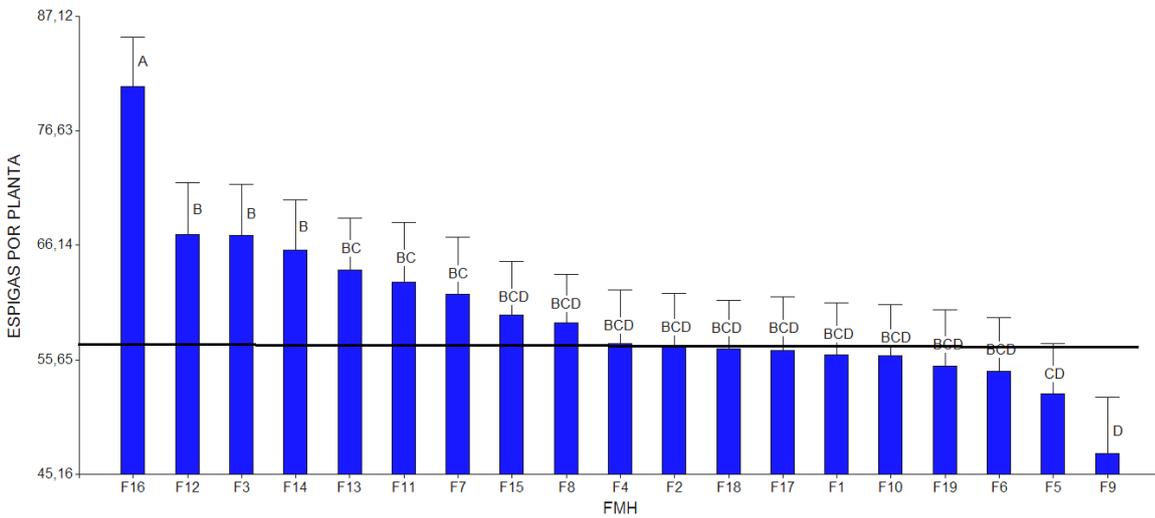


Figura 35: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher – Espigas por planta (2 ambientes)

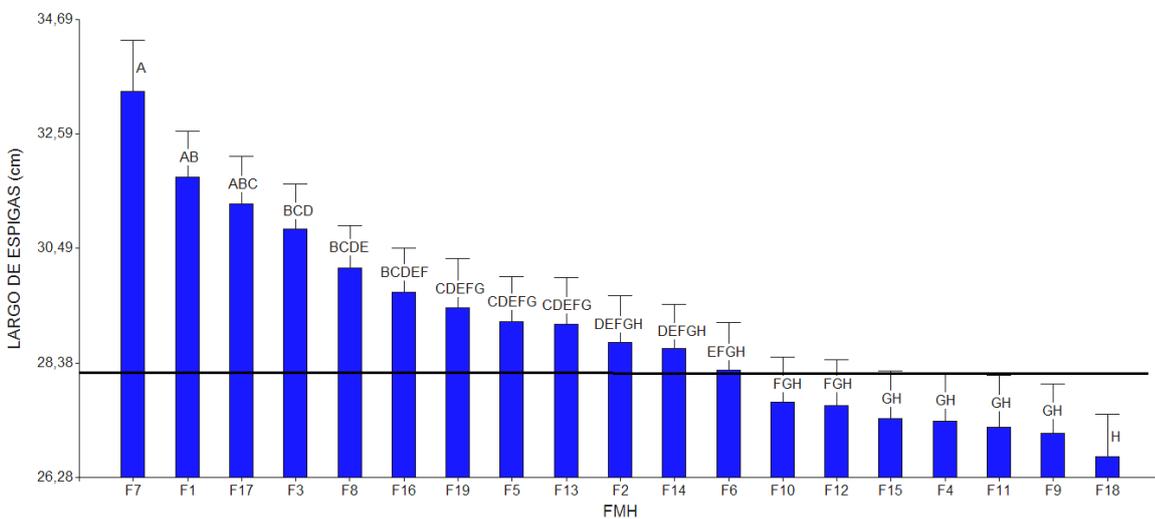


Figura 36: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher – Largo de espigas (2 ambientes)

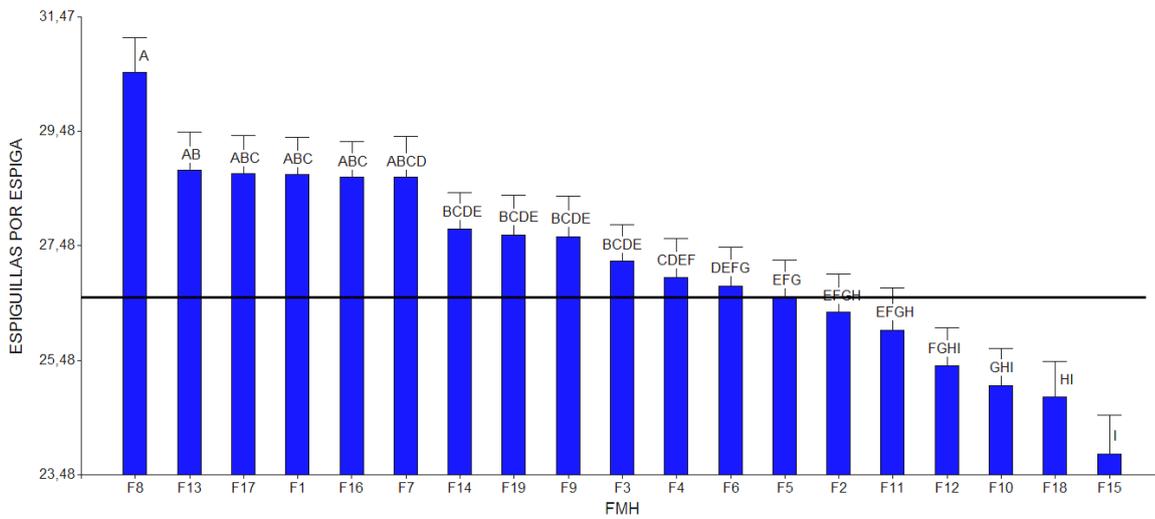


Figura 37: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher – Espiguillas por espigas (2 ambientes)

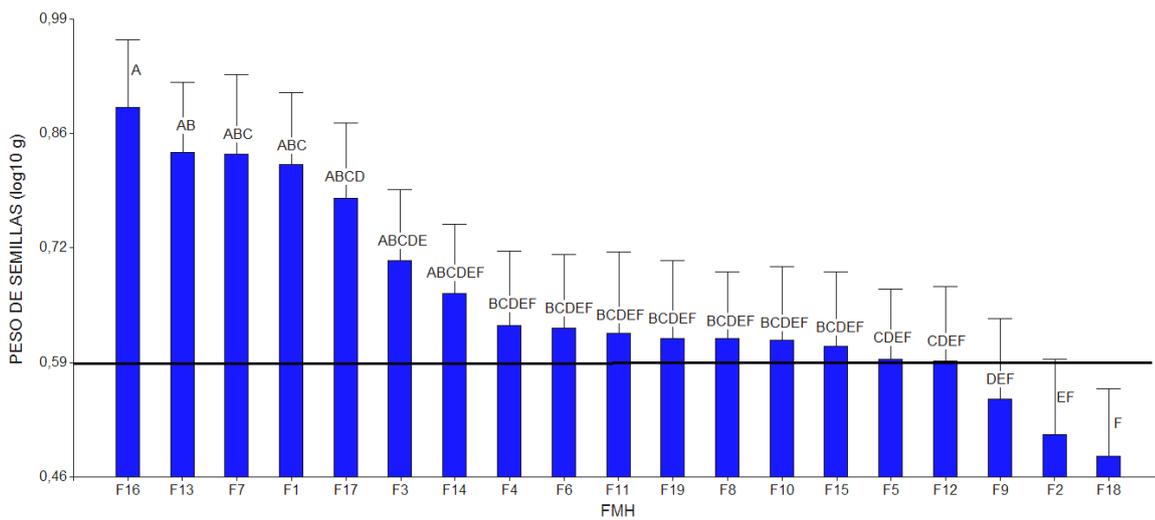


Figura 38: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher – Peso de semillas (2 ambientes)

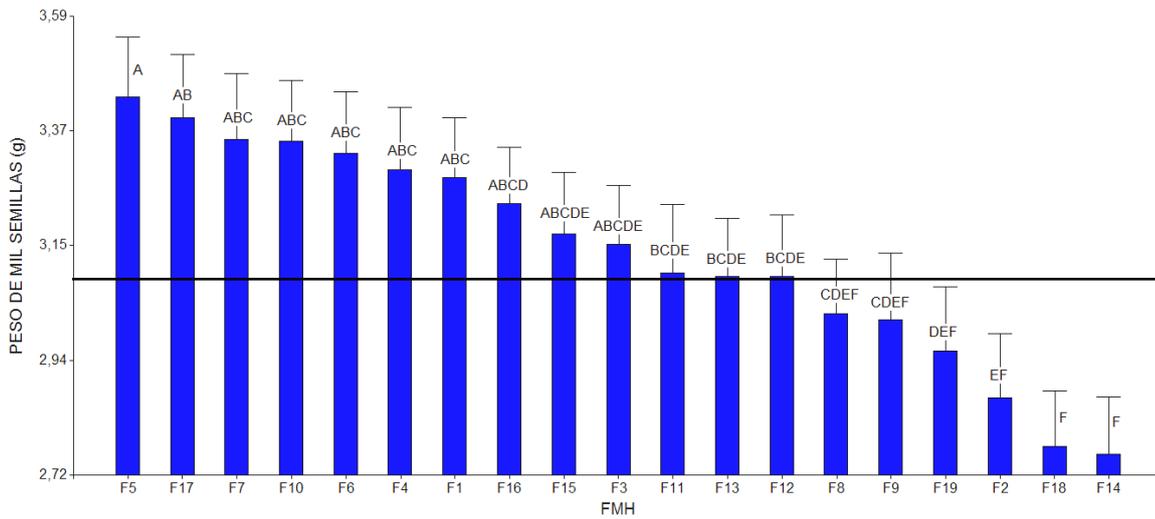


Figura 39: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher – Peso de mil semillas (2 ambientes)

### 8.2.2. Medias por FMH localidad de Pergamino

A continuación se presentan los gráficos de medias por FMH correspondientes al ensayo de la localidad de Pergamino (Figuras 40 a 48)

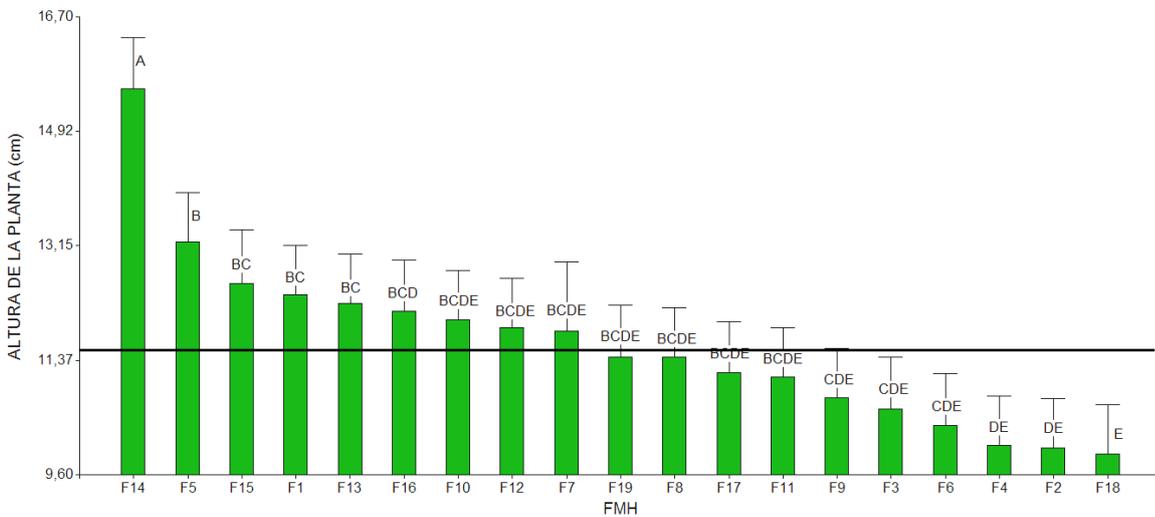


Figura 40: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Altura de la planta (Pergamino)

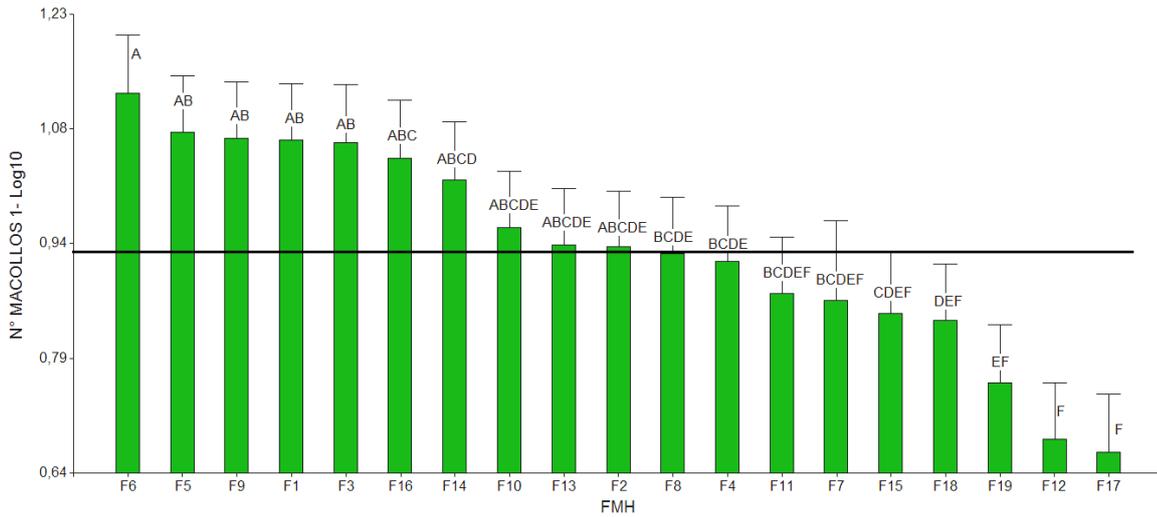


Figura 41: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Número de macollos (log10) (Pergamino)

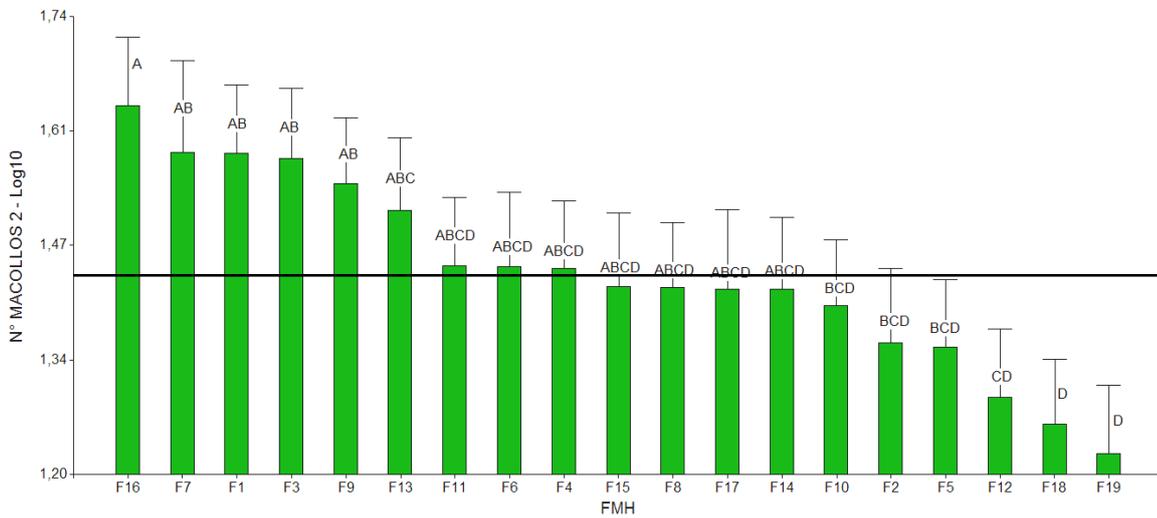


Figura 42: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Número de macollos 2 (log10) (Pergamino)

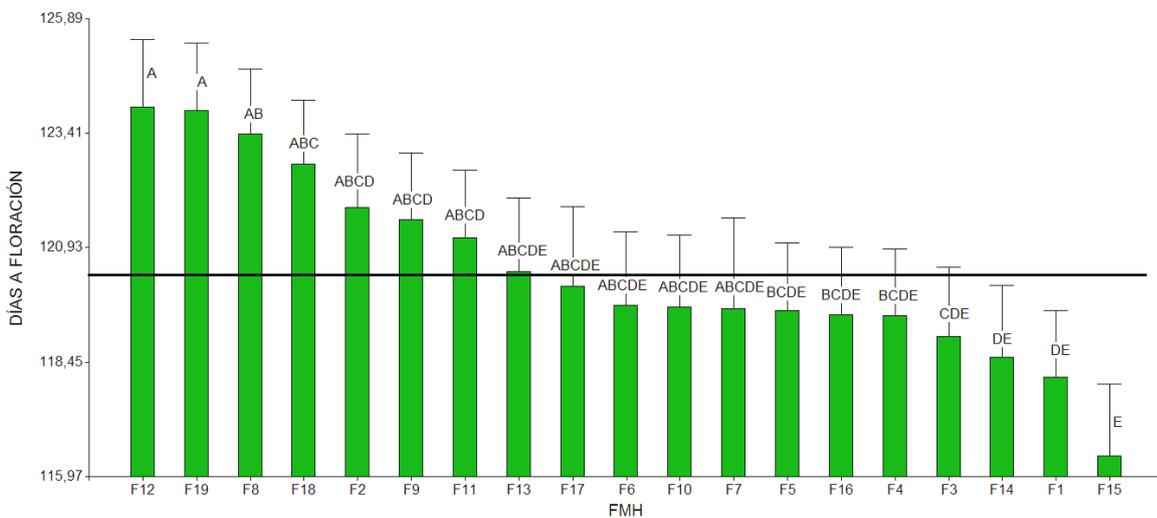


Figura 43: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Días a inicio de floración (Pergamino)

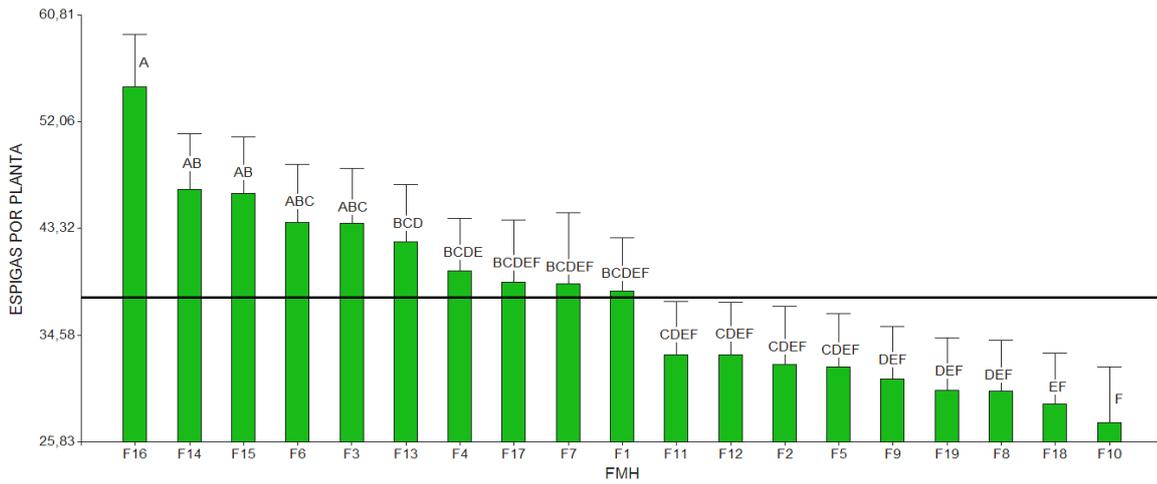


Figura 44: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Espigas por planta (Pergamino)

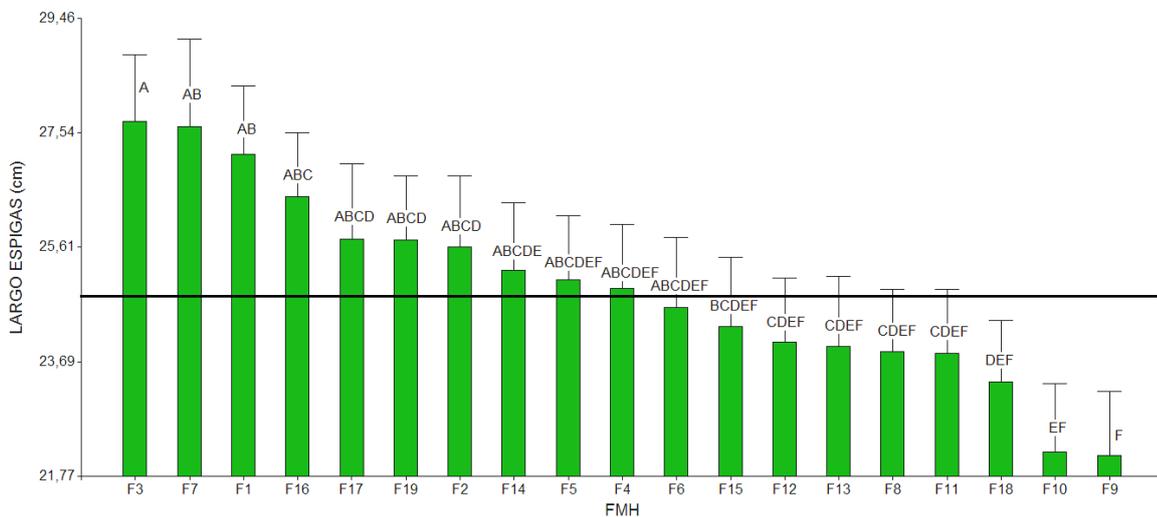


Figura 45: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Largo de espigas (Pergamino)

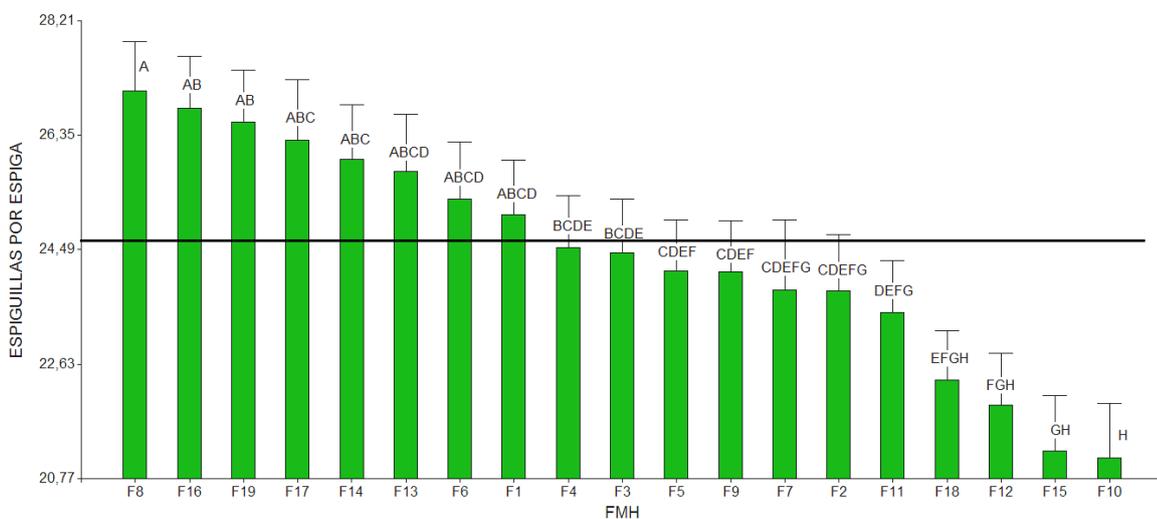


Figura 46: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Espiguillas por espiga (Pergamino)

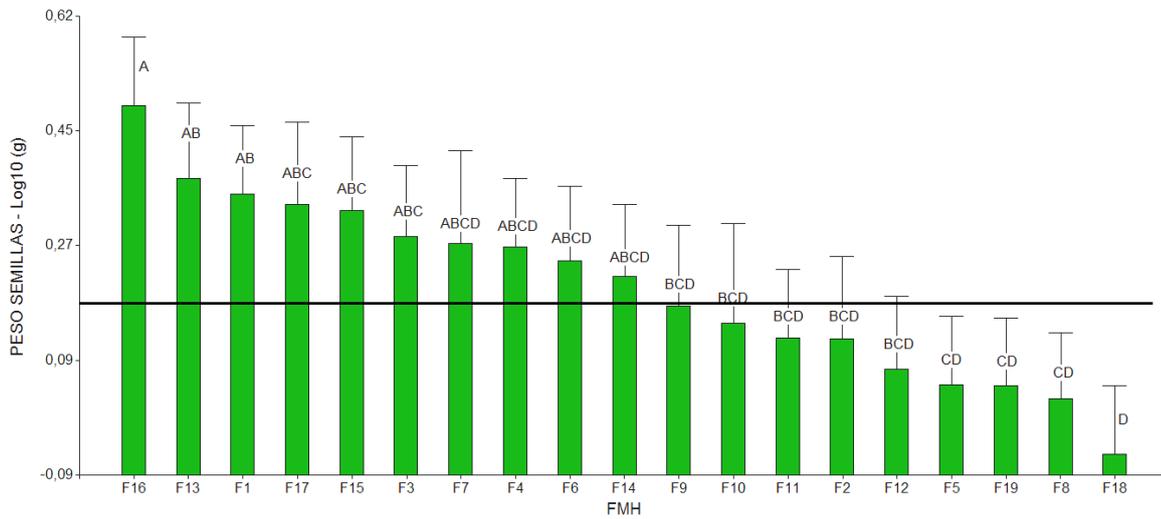


Figura 47: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Peso de semillas (log10) (Pergamino)

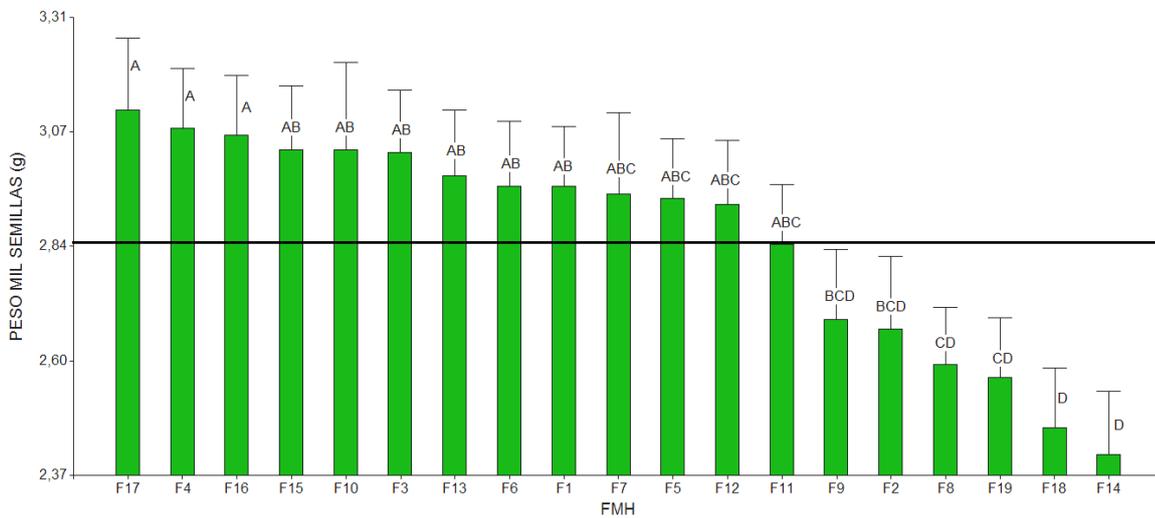


Figura 48: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Peso de mil semillas (Pergamino)

### 8.2.3. Medias por FMH localidad de Concepción del Uruguay

A continuación se presentan los gráficos de medias por FMH correspondientes al ensayo en la localidad de Concepción del Uruguay (Figuras 49 a 57).

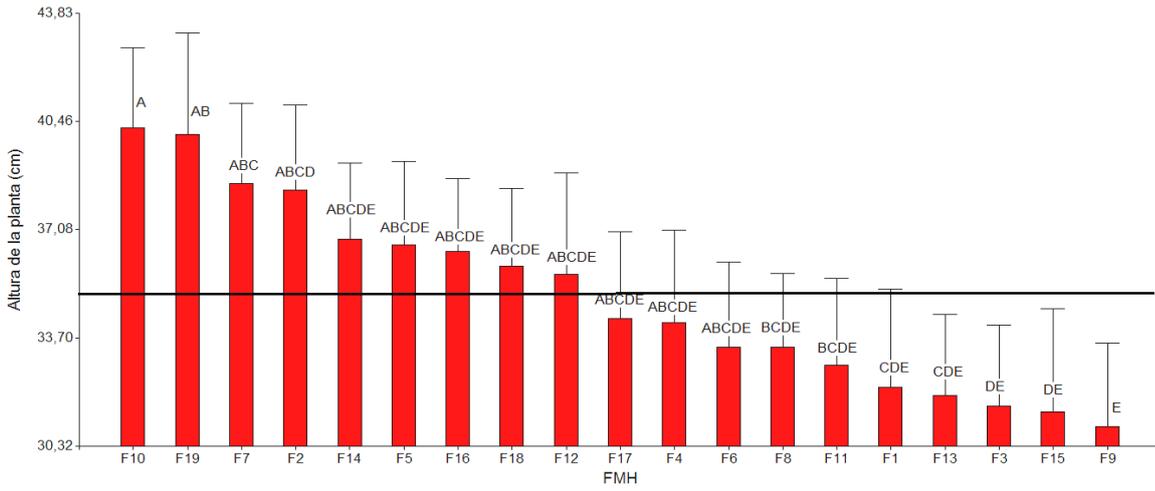


Figura 49: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Altura de la planta (CdU)

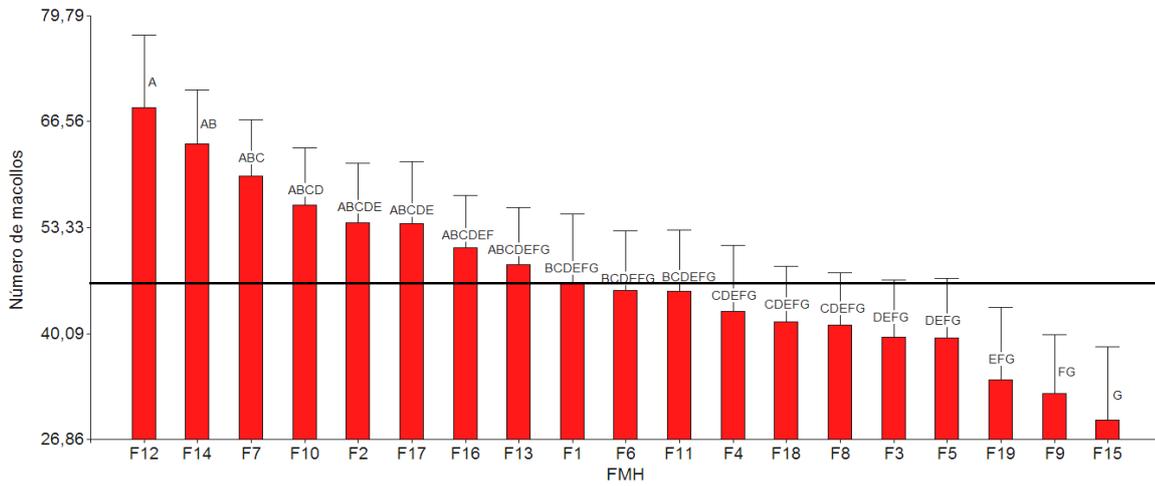


Figura 50: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Número de macollos (CdU)

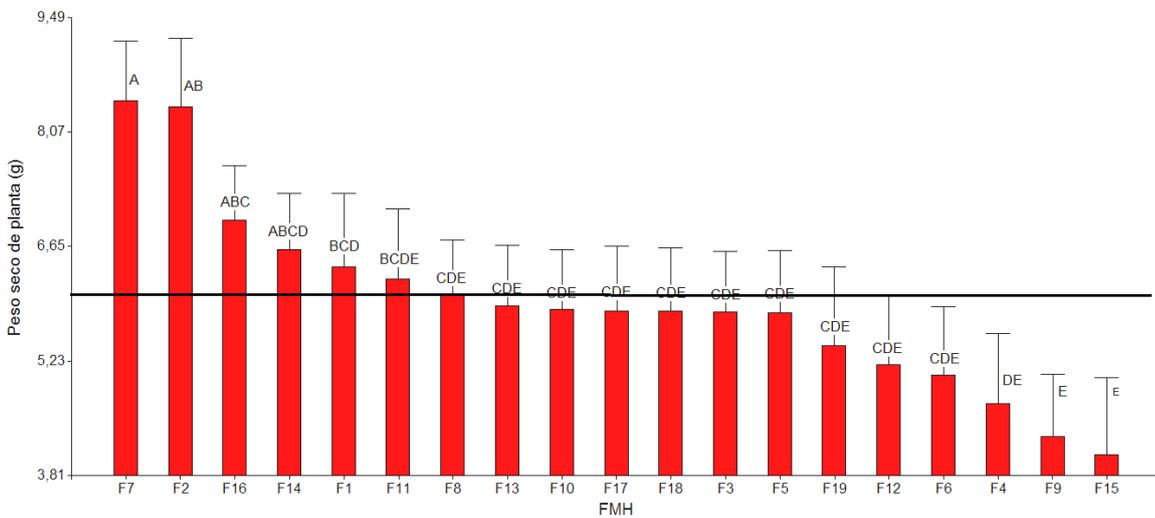


Figura 51: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Peso seco de la planta (CdU)

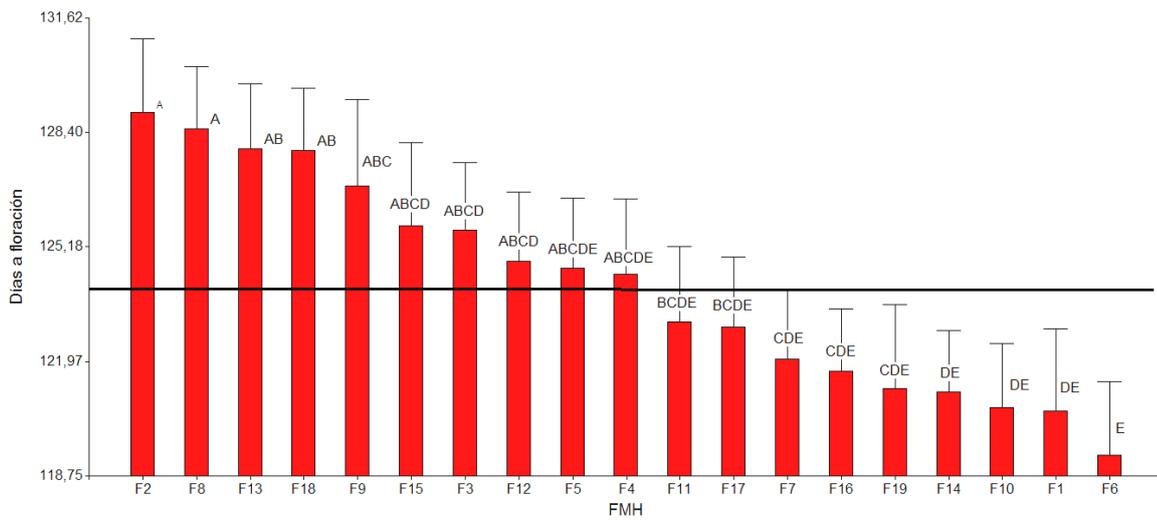


Figura 52: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Días a inicio de floración (CdU)

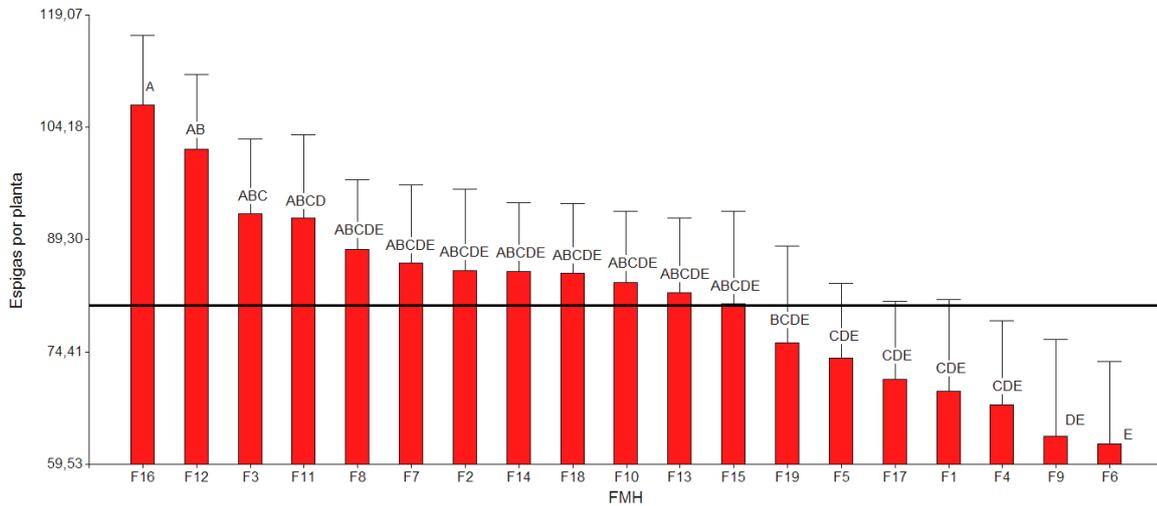


Figura 53: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Espigas por planta (CdU)

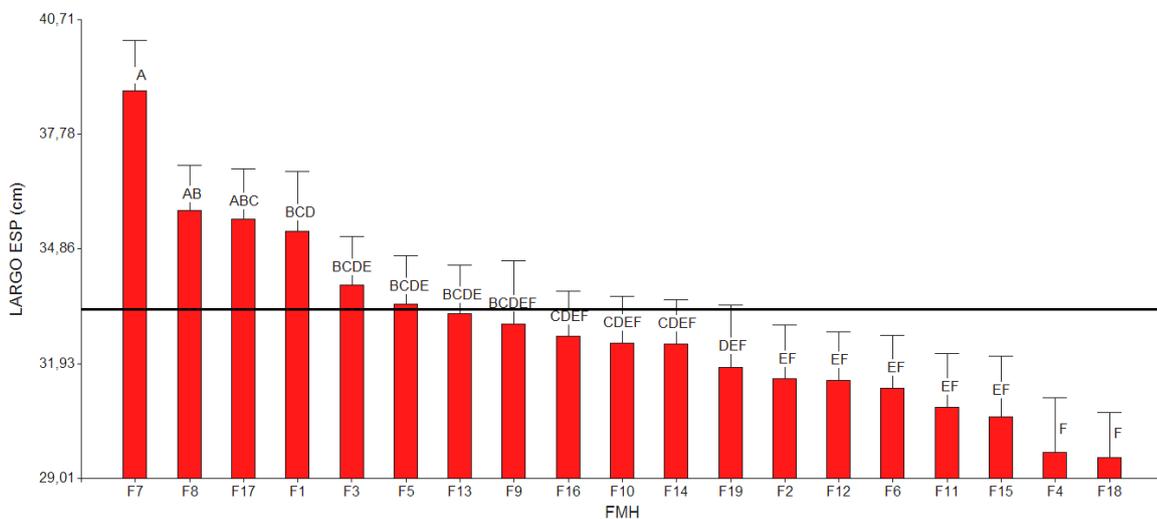


Figura 54: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Largo de espigas (CdU)

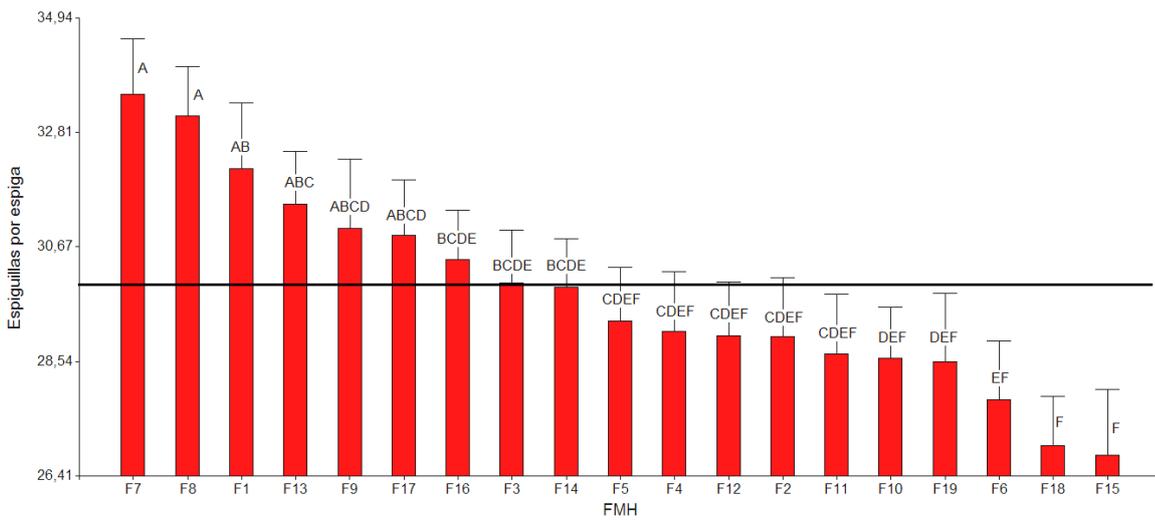


Figura 55: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Espiguillas por espiga (CdU)

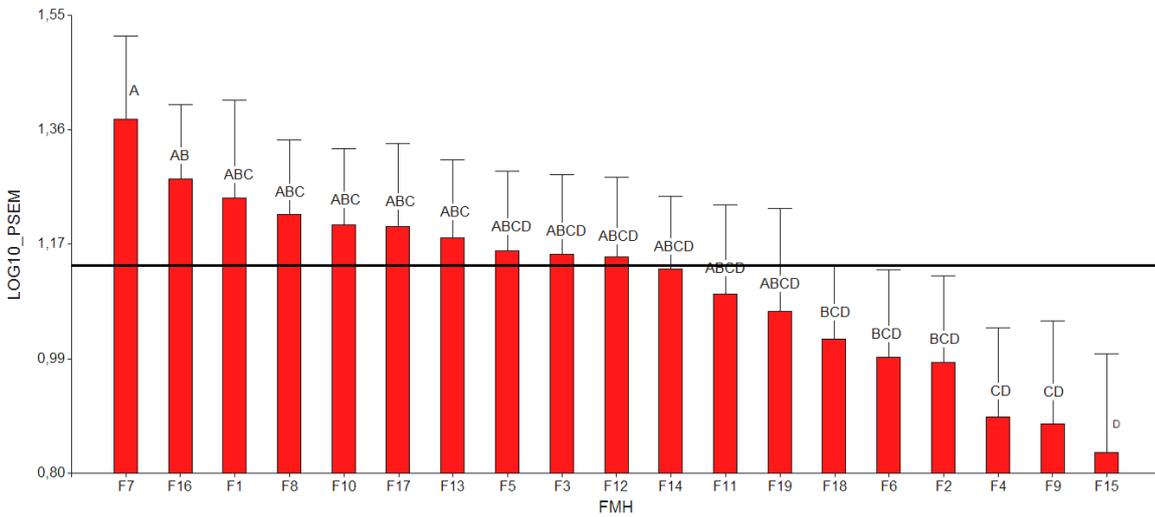


Figura 56: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Peso de semillas (log10) (CdU)

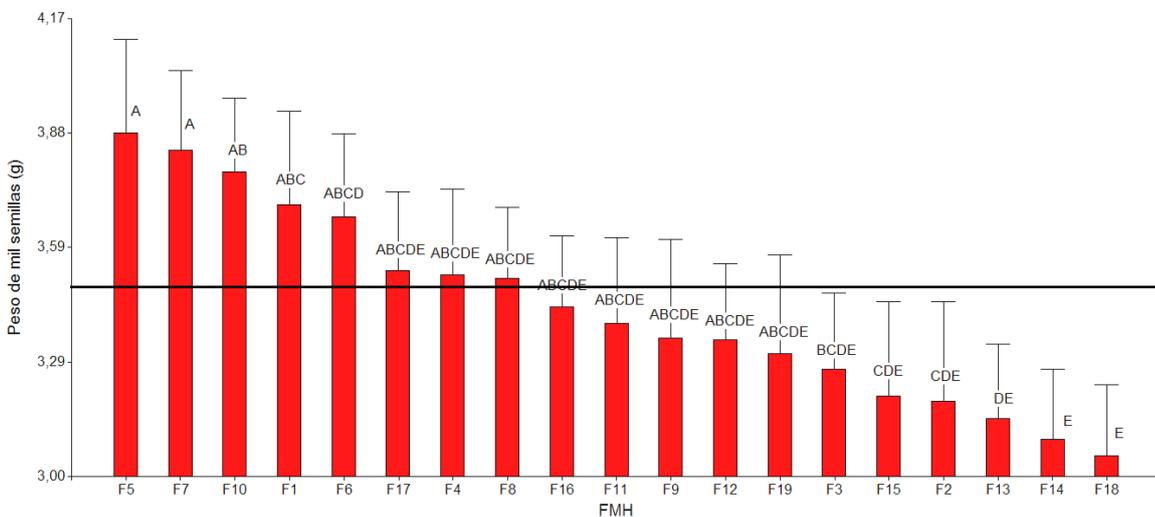


Figura 57: Diferencias entre las FMH, test LSD Fisher - Peso de mil semillas (CdU)

### 8.3. ANEXO C: HÁBITO DE CRECIMIENTO

A continuación se presentan los histogramas de frecuencias relativas para la variable cualitativa “Hábito de crecimiento”, en Pergamino (Sección 8.3.1. Figura 58) y en Concepción del Uruguay (Sección 8.3.2. Figura 59).

#### 8.3.1. Hábito de crecimiento en localidad de Pergamino

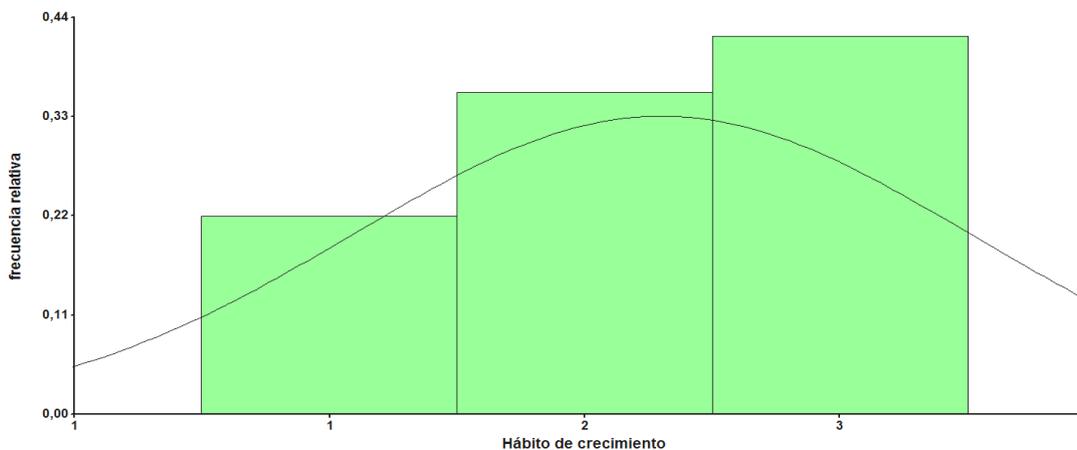


Figura 58: Frecuencias relativas de tipo de hábito de crecimiento. Pergamino

Se puede observar que cerca del 44% de las plantas estudiadas presentaron un hábito de crecimiento de tipo rastrero o plano (correspondiente al número 3), mientras que alrededor del 40% de las plantas presentaron un hábito de crecimiento semi-erecto (correspondiente al número 2). En último lugar, aproximadamente el 22% de las plantas presentaron el hábito de crecimiento erecto (correspondiente al número 1)

#### 8.3.2. Hábito de crecimiento en localidad de Concepción del Uruguay

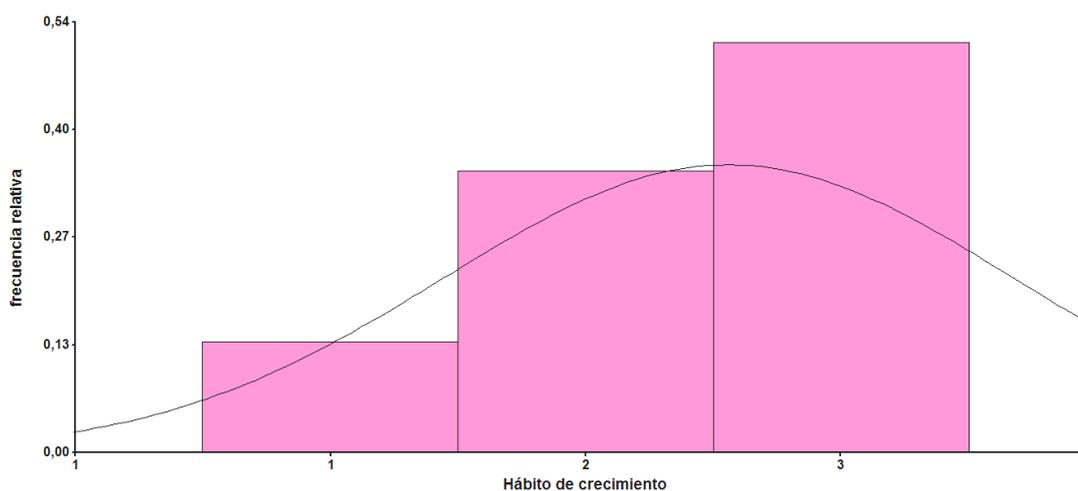


Figura 59: Frecuencias relativas de tipo de hábito de crecimiento. Concepción del Uruguay.

Alrededor del 50% de las plantas estudiadas presentaron el hábito de crecimiento rastrero o plano (3), mientras que menos del 40% demostró tener un hábito de crecimiento semi-erecto (2). Sólo el 13% de las plantas presentó un hábito de crecimiento erecto (1).

#### 8.4. ANEXO D: Correlación entre caracteres

En las siguientes secciones y tablas se pueden observar las correlaciones entre caracteres evaluados en dos localidades (Sección 8.4.1. Tabla 15), en Pergamino (Sección 8.4.2. Tabla 16) y en Concepción del Uruguay (Sección 8.4.3. Tabla 17).

##### 8.4.1. Correlación entre caracteres para dos localidades. Coeficiente de Pearson y probabilidad asociada.

Tabla 15: Correlaciones entre variables en dos ambientes. Coeficientes de Pearson y probabilidad asociada.

VARIABLE	Altura de planta	N°macollos	Días a floración	Espigas/planta	Largo de espigas	Espiguillas/espigas	Peso de Semillas	Peso de mil semillas
Altura de planta	1,00	0	$2 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	0	0
N°macollos	0,75	1,00	0,03	0	0	0	0	0
Días a floración	0,15	0,10	1,00	0,66	0,04	$1,6 \cdot 10^{-4}$	0,06	$1 \cdot 10^{-4}$
Espigas/Planta	0,72	0,71	-0,02	1,00	0	0	0	0

Largo de Espigas	0,68	0,54	0,10	0,61	1,00	0	0	0
Espiguillas/ Espigas	0,60	0,52	0,18	0,54	0,71	1,00	0	0
Peso de semillas	0,67	0,61	0,09	0,72	0,58	0,53	1,00	0
Peso mil semillas	0,48	0,39	-0,19	0,52	0,54	0,37	0,48	1,00

La diagonal de la tabla determina la correlación de cada variable consigo misma. Por encima de esta diagonal se encuentran los valores de probabilidad asociados a una correlación azarosa entre las variables. Cuanto más bajo es el valor (menor a un 0,05 de error aceptado), menos probable que la correlación entre las variables responda a motivos del azar. Por debajo de la diagonal se encuentran los valores de Coeficiente de Pearson. El mismo oscila entre mínimos de -1 y máximos de +1. Aquellas correlaciones con valores cercanos al -1 son negativas y fuertes, mientras que las correlaciones con valores cercanos al +1 son positivas y fuertes. Así mismo, las correlaciones cuyo coeficiente de Pearson adopte un valor de cero o cercano a cero, son correlaciones débiles.

En general se observan correlaciones positivas moderadas a fuertes entre los caracteres "Altura de planta" y "Número de macollos" con todas las variables restantes (Tabla 15). Algunas correlaciones fuertes se dieron entre Altura de planta y Número de macollos con la variable Espigas por planta ( $r=0,71$  y  $r=0,72$ , respectivamente). Por otro lado se observan correlaciones positivas de moderadas a fuertes entre todos los caracteres de rendimiento.

#### 8.4.2. Correlación entre caracteres localidad de Pergamino. Coeficiente de Pearson y probabilidad asociada.

Tabla 16: Correlación entre variables en Pergamino. Coeficientes de Pearson (r) y probabilidad asociada.

VARIABLE	Altura	N° de Macollos 1	N° de macollos 2	Días a floración	Espigas por planta	Largo de espigas	Espiguillas/ espigas	Peso de semillas	Peso de mil semillas
Altura	1,00	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$5,4 \cdot 10^{-11}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-7}$	0,01
N°de	0,25	1,00	0	$7,6 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	0,82	0,02	$3 \cdot 10^{-4}$	0,01

macollos 1					10				
N° de macollos 2	0,29	0,53	1,00	2,6.10 <sup>-11</sup>	0	0,09	4,4.10 <sup>-5</sup>	8,2.10 <sup>-11</sup>	1,6.10 <sup>-8</sup>
Días a floración	-0,29	-0,33	-0,41	1,00	0	2,8.10 <sup>-3</sup>	0,69	2,1.10 <sup>-6</sup>	0
Espigas por planta	0,40	0,39	0,58	-0,48	1,00	9,7.10 <sup>-9</sup>	8,1.10 <sup>-5</sup>	0	9,7.10 <sup>-10</sup>
Largo de espigas	0,24	-0,01	0,11	-0,19	0,35	1,00	3.10 <sup>-11</sup>	4,2.10 <sup>-7</sup>	2,1.10 <sup>-10</sup>
Espiguillas por espigas	0,23	0,15	0,26	-0,03	0,25	0,41	1,00	9,3.10 <sup>-5</sup>	0,06
Peso de semillas	0,31	0,23	0,4	-0,3	0,68	0,32	0,25	1,00	0,00
Peso mil semillas	0,18	0,17	0,35	-0,44	0,38	0,4	0,12	0,45	1,00

Se observa que la variable Días a floración presentó correlaciones negativas con el resto de las variables, alternando correlaciones débiles o prácticamente inexistentes con Espiguillas por espiga ( $r = -0,03$ ;  $p$ -valor= 0,69) con correlaciones fuertes con Peso de mil semillas ( $r = -0,44$ ;  $p$ -valor= 0) o Espigas por planta ( $r = -0,48$ ;  $p$ -valor= 0) (Tabla 16)

Por otro lado, se observan correlaciones positivas y fuertes de la variable Espigas por planta en relación a todas las variables de rendimiento, especialmente con la variable Peso de semillas ( $r = 0,68$ ) y Peso de mil semillas ( $R = 0,35$ ).

#### 8.4.3. Correlación entre caracteres localidad de Concepción del Uruguay.

Tabla 17: Correlación entre variables localidad de CdU. Coeficientes de Pearson y probabilidad asociada

VARIABLE	Altura	N° macollos	Peso seco	Días a floración	Espigas/planta	Largo de espigas	Espiguillas/espigas	Peso de semillas	Peso mil semillas
Altura	1,00	3.10 <sup>-6</sup>	0	1,1.10 <sup>-6</sup>	3,8.10 <sup>-5</sup>	0,01	0,06	1,4.10 <sup>-4</sup>	0,01
N° macollos	0,33	1,00	0	0,03	4,6.10 <sup>-9</sup>	0,2	0,05	2,6.10 <sup>-4</sup>	0,42
Peso seco	0,56	0,60	1,00	1,6.10 <sup>-3</sup>	7,6.10 <sup>-11</sup>	2,5.10 <sup>-4</sup>	1,7.10 <sup>-3</sup>	2,5.10 <sup>-8</sup>	3.10 <sup>-3</sup>

Días a floración	-0,36	-0,17	-0,24	1,00	$4,9 \cdot 10^{-4}$	0,08	0,98	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-8}$
Espiga/Planta	0,31	0,42	0,47	-0,26	1,00	$3,4 \cdot 10^{-3}$	0,01	0	$6,9 \cdot 10^{-5}$
Largo Espigas	0,2	0,10	0,28	-0,13	0,22	1,00	0	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$8,5 \cdot 10^{-5}$
Espiguillas/ espiga	0,14	0,15	0,24	$2 \cdot 10^{-3}$	0,2	0,66	1,00	$1,4 \cdot 10^{-5}$	0,03
Peso semillas	0,28	0,27	0,41	-0,24	0,55	0,34	0,32	1,00	$6,3 \cdot 10^{-6}$
Peso mil semillas	0,20	0,06	0,23	-0,41	0,3	0,29	0,16	0,33	1,00

Se observa una correlación negativa entre la variable Días a inicio de floración con todas las variables restantes. Los valores más fuertes fueron alcanzados por la correlación con la variable Altura de la planta ( $R = -0,36$ ) y con la variable Peso de mil semillas ( $R = -0,41$ ).

Por otro lado, se observan correlaciones fuertes y positivas entre la variable Peso seco de planta y las variables Altura de la planta ( $R = 0,56$ ), Número de macollos ( $R = 0,60$ ) y Peso de semillas ( $R = 0,41$ ).

En general las correlaciones entre las variables vegetativas presentaron valores positivos, aunque no demasiado fuertes (exceptuando la variable Peso seco de planta). Además, las variables de rendimiento presentaron correlaciones positivas entre sí, con valores destacados como la correlación entre el Largo de espigas y las Espiguillas por espiga ( $R = 0,66$ ).